



UNIVERSITAT JAUME I

**ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS
EXPERIMENTALES**

INGENIERÍA MECÁNICA

**PLAN DE MANTENIMIENTO Y
REDISEÑO DE LA RED DE
REFRIGERACIÓN DE LA UNIDAD DE
SULFATO AMÓNICO EN UBE
CORPORATION EUROPE S.A. EN
CASTELLÓN**

PROYECTO FIN DE GRADO

AUTOR:

Alexis Fabregat Porcar

DIRECTOR:

Kudama Habib Ameen

Castellón de la Plana, Septiembre de 2018

AGRADECIMIENTOS

A mi familia y a mi novia por su apoyo y comprensión ante estos duros meses de trabajo.

A todos los compañeros del departamento de Fiabilidad e Inspección de UBE, en especial a David Ibarz por su paciencia, disposición y tiempo para proporcionarme información para el proyecto.

A Salvador Francisco Torro y a Sebastián, por el apoyo proporcionado durante este tiempo.

A la empresa UBE por brindarme la oportunidad de desarrollarme en el mundo de la ingeniería.

DOCUMENTOS DEL PROYECTO

MEMORIA

ANEXOS A LA MEMORIA

ANEXO I: CÁLCULOS

ANEXO II: MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS

ANEXO III: INSPECCIÓN DE LOS EQUIPOS

ANEXO IV: CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS

PLIEGO DE CONDICIONES

PRESUPUESTO

PLANOS

MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1.	ANTECEDENTES Y UBICACIÓN.....	1
2.	JUSTIFICACIÓN.....	6
3.	OBJETIVOS.....	6
4.	ALCANCE.....	6
5.	NORMAS Y REFERENCIAS	7
5.1	Disposiciones legales y normas de aplicación	7
5.2	Programas de cálculo	7
6.	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	8
7.	DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES QUE INTERVIENEN	9
7.1	U-431	11
7.2	U-432	15
7.3	U-433	22
7.4	U-435	30
8.	DESCRIPCIÓN DE LA RED DE REFRIGERACIÓN.....	38
8.1	El producto en la red.....	38
8.2	Red de refrigeración.....	38
8.3	Torre de refrigeración	40
8.4	Equipo de bombeo	46
8.5	Equipos a refrigerar	47
9.	SIMULACIÓN.....	52
10.	SITUACIÓN ACTUAL	53
11.	PROBLEMÁTICAS.....	55
12.	ANÁLISIS DE LAS SITUACIONES.....	55
12.1	Red sin los equipos J-431-1 y E-432-12.....	55
12.2	Red con los equipos J-431-1 y E-432-12.....	57
13.	JUSTIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN ELEGIDA	59
14.	ÁNÁLISIS DE ALTERNATIVAS-PROPUESTAS DE MEJORA	60
14.1	Propuesta 1.....	60
14.2	Propuesta 2.....	60
14.3	Propuesta 3.....	60

15.	JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA FINAL	61
16.	DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA FINAL.....	62
17.	PLAN DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA RED	63
18.	PLANIFICACIÓN	65
18.1	Introducción	65
18.2	Diagrama de Gantt	66
19.	RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	68
20.	ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA	69
20.1	Estudio de rentabilidad de la situación actual.....	69
20.1.1	Estudio de costes de explotación	69
20.2	Estudio de rentabilidad de la alternativa propuesta	72
20.2.1	Estudio de costes de explotación	72
20.3	Estudio de ahorros	75
20.4	Análisis económico.....	78
21.	CONCLUSIONES.....	79
22.	BIBLIOGRAFIA	80

1. ANTECEDENTES Y UBICACIÓN

El grupo UBE es una entidad nacida en el año 1897 en la ciudad de Ube, Japón. Las empresas presentes en el grupo están integradas dentro del grupo japonés UBE Industries, Ltd. que ha respondido continuamente a los cambios de la sociedad y la economía, aportando nuevas soluciones a la industria y fabricando una gran variedad de productos para los siguientes sectores:

- Sector químico y de plásticos.
- Sector de maquinaria y productos metálicos.
- Sector farmacéutico.
- Sector de cemento y materiales de construcción.
- Sector de energía y medio ambiente.

El constante crecimiento en estos sectores junto con la gran expansión hacia otros mercados hizo que la entidad fuera todo un éxito, por lo que se pusieron en marcha diferentes plantas en Europa y Latinoamérica. Fue en 1993 cuando el grupo japonés hizo una inversión en España abriendo la empresa Proquimed, luego pasó a llamarse UBE Chemical Europe y ahora es conocida como UBE Corporation Europe S.A., abriendo las delegaciones y oficinas en Castellón de la Plana.

Desde UBE Corporation Europe en Castellón se dirige y se coordina la estrategia y las actividades de sus filiales, con énfasis en la homogeneización y eficiente gestión de todo el grupo. Su principal misión es la elaboración de Caprolactama a partir de Hidroxilamina y Ciclohexanona, siendo esta la materia prima para la fabricación de Nylon-6. El Nylon-6, junto con el Nylon-66, constituye una gran parte del mercado de fibras sintéticas del mundo. Durante el proceso de elaboración de la Caprolactama, se produce un residuo, el Sulfato Amónico, el cual se trata y se vende como fertilizante para la tierra. A partir de algunos ácidos producidos en el proceso anteriormente descrito, se fabrica 1,6-Hexanodiol, producto utilizado en la industria farmacéutica y de alto valor añadido. También cuenta con varias líneas de producción de 1,5-Pentanodiol (PDL) y Policarbonatodiol (PCD) los cuales se utilizan para la producción de film para envases de alimentación, componentes de automoción y productos de ingeniería de consumo.

En la siguiente imagen 1 se observa el diagrama productivo de la empresa, el cual se compone de la entrada de la materia prima y de los sistemas de producción energética para dar lugar a unas pérdidas y a unos productos definitivos.

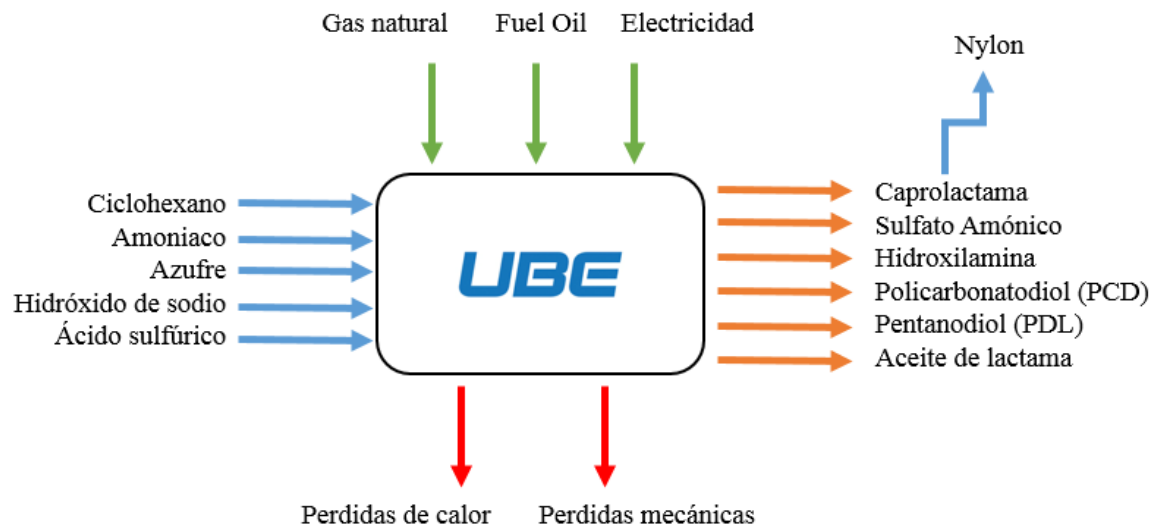


Imagen 1. Diagrama productivo de UBE.

En la imagen 2 se puede observar un esquema de cómo se distribuye la producción en la empresa y cuales con los productos finales.

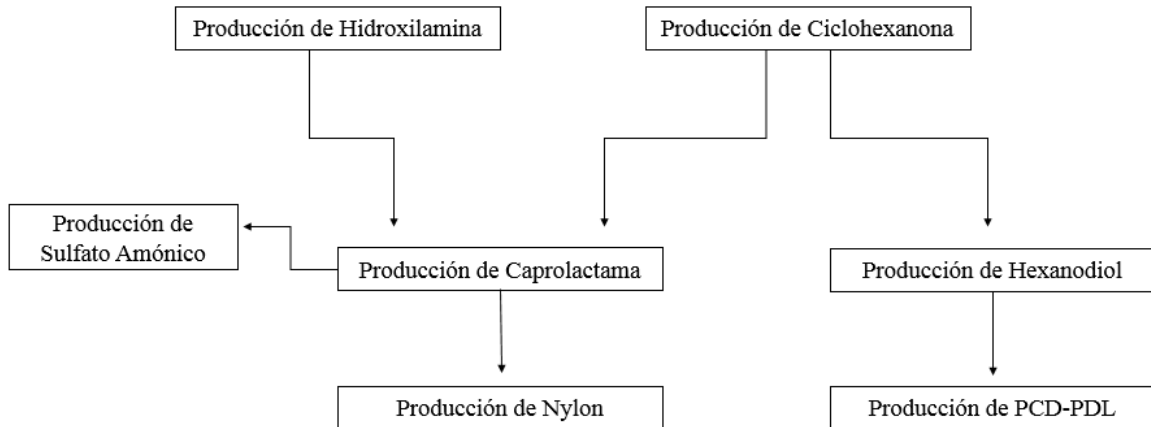
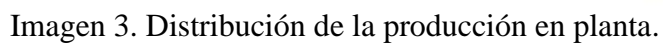


Imagen 2. Distribución de la producción.

La instalación que van a ser objeto de estudio se encuentran en la planta de UBE, en concreto en el polígono industrial El Serrallo s/n, en la provincia de Castellón de la Plana.



En la imagen 4 se muestra el primer plano de ubicación de la empresa, rodeada por las ciudades principales.

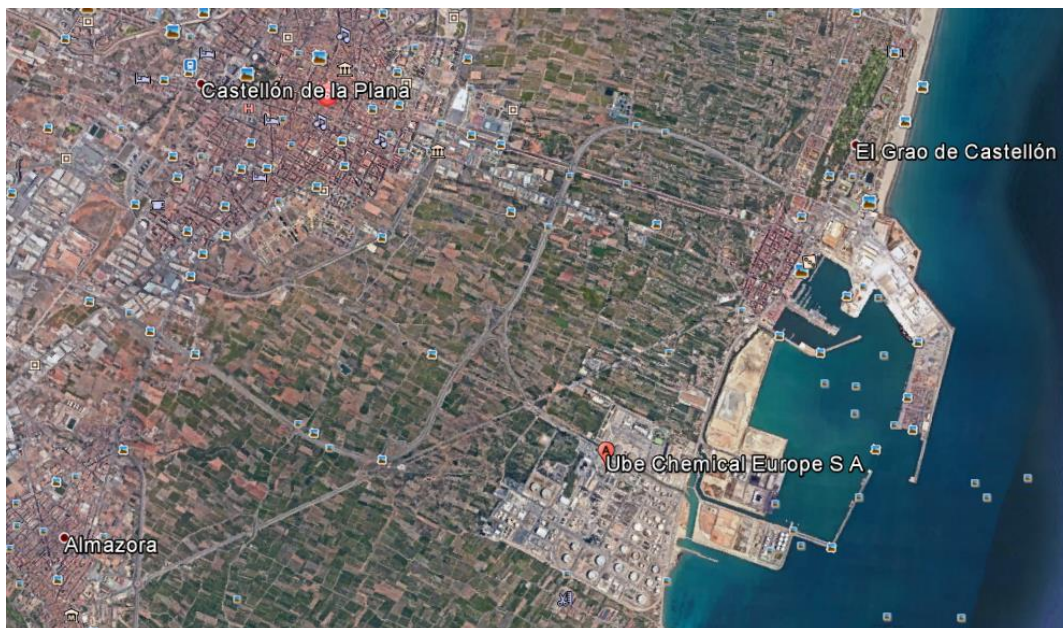


Imagen 4. Ubicación planta de UBE.

En la imagen 5 ya se observa la parcela correspondiente a la empresa, distinguiendo en los zonas, la principal que es donde se realiza la producción y una más pequeña situada en el puerto para almacenaje de productos.



Imagen 5. Planta de UBE en 3D.

La planta se encuentra situada a 4 kilómetros de Castellón de la Plana y a 3 kilómetros de Almazora y del Grao de Castellón.

Tanto para la exportación como para la importación de materias primas, la planta de UBE dispone de buena accesibilidad. Vía terrestre se dispone de la carretera CS-22 de acceso al puerto y vía marítima se usa una dársena situada junto a la del puerto de Castellón.

Las instalaciones de la empresa cuentan con una superficie útil de 340000m² y con un total de más de 400 empleados entre personal de oficina, ingenieros, operarios de planta y contratistas.

La planta está en operación todos los días del año, por lo que se necesitan tres turnos de funcionamiento de lunes a domingo. Además, también existen los horarios normales los cuales son realizados de lunes a viernes.

El trabajo realizado se centrará especialmente en una parte de la empresa, en concreto en un circuito de agua de refrigeración situado en la zona de producción de sulfato amónico.

En la imagen 6 se puede observar la zona dentro de planta donde se ubica el circuito.

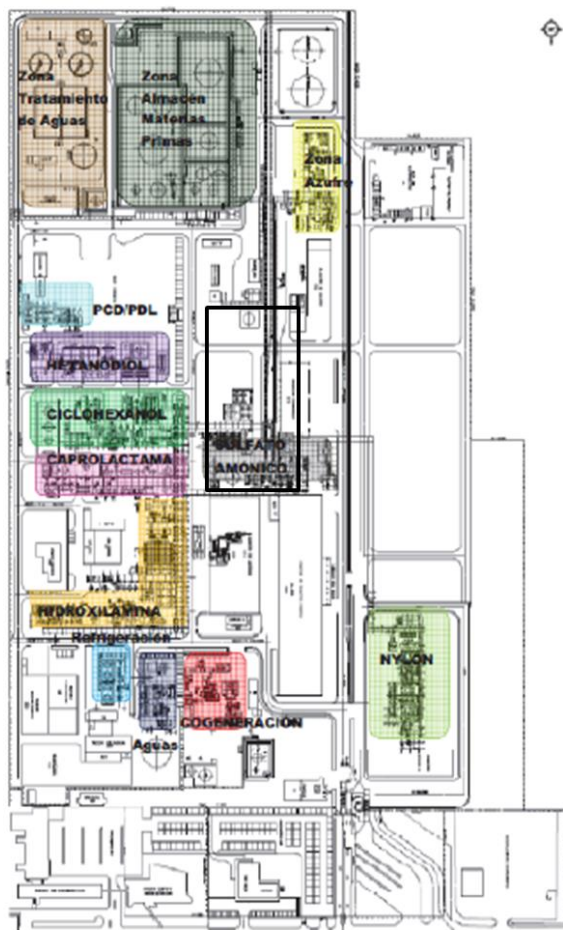


Imagen 6. Ubicación del circuito a estudiar dentro de UBE.

2. JUSTIFICACIÓN

El circuito o red de refrigeración presenta una serie de problemas, en concreto se tiene que la bomba centrífuga capaz de abastecer a todo el circuito o red de refrigeración presenta un sobredimensionado, es decir la bomba es capaz de impulsar mucho más caudal del que necesitan los equipos consumidores por tanto se observa en la válvula posterior a la bomba está abierta un 30%. Además, aparece el problema de que si por una parada no programada la bomba centrífuga se parara se pararía toda la producción de sulfato amónico lo que conllevaría unas pérdidas económicas importantes.

3. OBJETIVOS

El objetivo del proyecto es el de realizar un estudio de mejora de la red de agua de refrigeración de las unidades de Sulfato Amónico de la zona sur de la planta de UBE Corporation Europe S.A. El trabajo consistirá en analizar las necesidades actuales y futuras de agua de refrigeración y desarrollar una propuesta de mejora dimensionada a los resultados del estudio. En concreto, se hará un dimensionado y selección de tecnologías y modelos de las unidades de bombeo, una modificación de sistemas de tuberías y la realización de un plan de inspección y mantenimiento de la red.

El presente proyecto se ha realizado por una propuesta del departamento de Fiabilidad e Inspección de la empresa UBE durante la estancia en prácticas curriculares del alumno.

4. ALCANCE

UBE como gran empresa que es, cuenta con el funcionamiento de más de 1400 equipos para lograr su máximo de producción, por lo que resulta de gran importancia garantizar la máxima disponibilidad de los equipos para conseguir una continuidad en el proceso y un producto final de calidad. Para ello, es importante disponer de un programa de mantenimiento en óptimas condiciones, de un plan de mejora continua de los equipos, es decir, estudiar la causa del fallo de los equipos e implantar mejoras en ellos para que no se vuelvan a producir dichos fallos.

Otro aspecto importante es la eficiencia, lograr la producción deseada con el mínimo de recursos disponibles.

En el siguiente proyecto se estudiará la implantación de diversas mejoras dentro de la red de refrigeración del sector sur de la planta de UBE. Estas mejoras tendrán como objetivo principal la mejora de la eficiencia energética de la red actual, un aumento de la fiabilidad de los equipos, una reducción de costes debido a un menor consumo energético de la bomba y a unas menores pérdidas de producción debido a la parada de la instalación.

5. NORMAS Y REFERENCIAS

5.1 Disposiciones legales y normas de aplicación

- **UNE 157001:2014:** Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.
- **Real Decreto 2060/2008**, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- **Norma API 571 1ª edición Diciembre 2003:** Mecanismos de daño que afectan a equipos fijos en la industria de refinación.
- **Norma API 580 2ª edición Noviembre 2009:** Inspección basada en riesgo.

5.2 Programas de cálculo

Los programas utilizados para la realización del proyecto son:

El Fluid Flow proporciona todas las herramientas necesarias para diseñar o analizar sistemas de flujo de tuberías seguras, confiables y energéticamente eficientes. Además, se puede utilizar un proceso de diseño con tecnología de dimensionamiento automático de equipos según los estándares API e ISO. Se puede usar tanto para fluidos líquidos, gaseosos, bifásicos, en suspensión o no newtonianos.

Exaquantum es uno de los sistemas de gestión de información de planta (PIMS) más completos disponibles para las industrias de procesos. Exaquantum puede adquirir datos de todas las facetas de un proceso y transformar esos datos en información fácilmente utilizable, de gran valor y ampliamente distribuida.

El software de CAD en 3D de SOLIDWORKS, en concreto se utiliza la versión SolidWorks 2016 Premium, la cual es una solución de diseño en 3D completa que se suma a las funciones de SOLIDWORKS Professional con las potentes herramientas de simulación, movimiento y validación de diseños, así como con la funcionalidad avanzada de trazado de recorridos de tuberías y cables.

Además, se han utilizado el paquete de Microsoft Office, en concreto los programas Word, Excel y PowerPoint.

6. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

UBE: Se corresponde con una palabra de todo el nombre de la empresa. El nombre de la empresa es UBE Corporation Europe S.A.

P3A: La letra P se refiere al nombre en inglés ‘pump’, es decir, nos indica que es una bomba centrífuga, el 3 indica el número de la bomba y la letra especifica si se ha cambiado alguna vez la bomba, en este caso como es la letra A no se ha cambiado ninguna vez.

DFP: Diagramas de Flujo de Proceso.

SA: El Sulfato Amónico o Sulfato de Amonio es una sal cuya fórmula química es $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ de color blanco y su aspecto es de cristales. Se utiliza como floculante y, además, como un reactivo en purificación de ácidos (siempre que las proteínas sean solubles en medio básico y con presencia de NaCl o cloruro potásico) para precipitar proteínas solubles. En bioquímica se usa para precipitar fraccionadamente las globulinas que no son solubles en agua y para diferenciarlos de los glóbulos rojos. Las globulinas se pueden redissolver para hacer subsecuentes análisis, como puede ser la extracción de una proteína en particular por cromatografía de afinidad con NaCl. El Sulfato Amónico es excelente componente para la llamada precipitación fraccionada, porque, entre otras cosas, hace que el agua compita entre la disolución de esta sal o de la proteína (formada por muchos grupos carboxilo y amonio), causando que precipite la proteína con tres aminoácidos. En agricultura es usado ampliamente tanto para la fertirrigación como para la aplicación directa al suelo por productores de hortalizas. El Sulfato Amónico a menudo se obtiene como un producto residual de la fabricación del Nylon. La frecuencia de deficiencias de Azufre promueve su mayor uso como fuente de Nitrógeno y de Azufre.

1112: Se corresponde con la numeración específica de la empresa del circuito o red de refrigeración la cual se va a estudiar en este proyecto.

1012: Se corresponde con la numeración específica de la empresa del circuito o red de refrigeración de otra zona de planta, la cual no será estudiada en este proyecto.

U-x: Abreviatura de la propia empresa donde la U significa unidad y separada por un guión se escribe el número de la unidad.

OCA: Organismo de control autorizado.

Inspector propio: personal técnico competente designado por el usuario o contratado, con experiencia en la inspección de equipos a presión de la planta petroquímica UBE.

PR: Potencial de riesgo.

P3B: Se nombrará a la nueva bomba a instalar en la instalación propuesta en el proyecto.

P&ID: Base de datos de Ube donde se tienen recopilados todos los isométricos de planta.

7. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES QUE INTERVIENEN

A continuación, se va a realizar una descripción de todas las unidades que reciben agua de la red de refrigeración de la zona sur, es decir, las que se refrigeran mediante el agua suministrada por la torre de refrigeración E-1112-2A, se va a explicar el objetivo de cada unidad, su funcionamiento y los equipos que la forman.

La siguiente imagen 7 muestra el circuito de refrigeración actual, la torre de refrigeración, el grupo de bombeo principal y las unidades a las cuales se suministra agua:

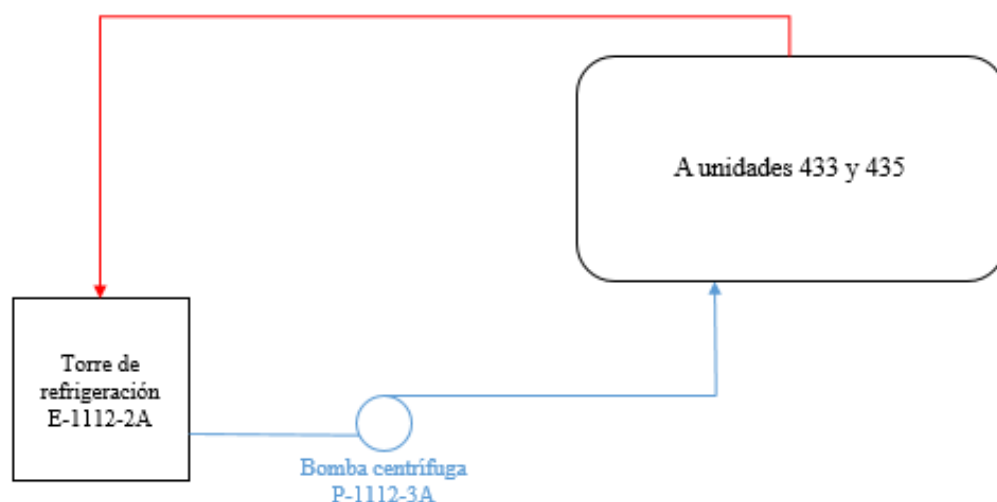


Imagen 7. Esquema de la red de agua de refrigeración 1112.

Además, cabe la posibilidad de conectar al circuito actual o red 1112 de más equipos consumidores, en concreto se podrán conexionar el intercambiador E-432-12 de la unidad 432 y el eyector J-431-1 de la unidad 431. Estos dos equipos mencionados actualmente están conectados a la red de refrigeración 1012. A continuación, en la imagen 8 se puede observar dicha posibilidad.

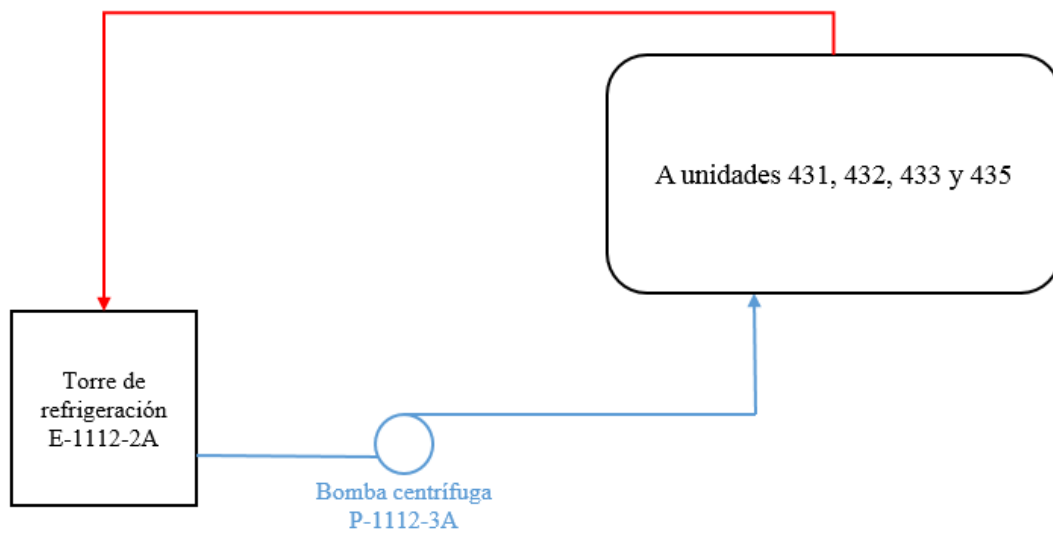


Imagen 8. Esquema de la red de agua de refrigeración 1112.

Para una mejor visualización de las unidades, a continuación, se muestra una imagen 9 vía satélite de la zona objeto de estudio con las unidades a las que se conecta.



Imagen 9. Distribución de las unidades en planta.

7.1 U-431

Objeto de la unidad

El objeto de la unidad es la neutralización con Amoníaco gas (o solución amoniaca) del Ácido Sulfúrico total contenido en el Sulfato de Lactama proveniente de U-422, separándose por una parte en Aceite de Lactama y por otra, en Sulfato Amónico, que se cristaliza y se comercializa directamente como producto final.

Esta reacción de neutralización es fuertemente exotérmica, por lo que se produce una cantidad importante de calor que debe ser eliminada por evaporación de agua, lo que hace preciso un aporte de la misma. Esta alimentación de agua se realiza mediante el reciclo de los condensados de proceso y aguas lactámicas procedentes del tanque TK-429-5, además de un aporte adicional de agua de procesos. En caso de neutralizarse con solución amoniaca, una importante parte del agua a evaporar es alimentada como solución, reduciéndose notablemente el aporte de agua de procesos.

La U-431, en su diseño, está preparada para procesar parte de la corriente procedente de U-421 (Oximación), hasta ajustar el balance térmico de la unidad, sin necesidad de aportar agua de procesos.

Sin embargo, se ha comprobado que la cristalización del Sulfato Amónico procedente de U-421, provoca problemas en la calidad de la Caprolactama, por lo que esta operación de procesar Sulfato Amónico de Oximación no se realiza.

En consecuencia, la totalidad de la corriente de solución de Sulfato Amónico de la Unidad de Oximación se procesa en la U-432 (Cristalización de Sulfato Amónico).

Fundamentos teóricos

Además de las separaciones físicas (cristalización, centrifugado, decantación, evaporación), la única reacción química que se produce en el proceso es con Amoníaco gaseoso y anhidro (o con solución amoniaca) del Ácido Sulfúrico total contenido en el Sulfato de Lactama en un medio de Sulfato Amónico concentrado. Esta reacción se produce en el reactormezclador R-1.

En la línea de recirculación del cristizador R-2 y en un punto anterior al reactor R-1, se reciben los siguientes productos:

- El licor madre, recirculado desde el tanque TK-2, al que se aporta agua de procesos, aguas lactámicas procedentes del TK-429-5 y solución de AS procedente de U-422.
- El Sulfato de Lactama, procedente de U-422.
- El Amoníaco gas (o solución amoniaca) utilizado para neutralizar el ácido existente en la solución de Sulfato de Lactama.

El calor de reacción, derivado de la neutralización del Ácido Sulfúrico con Amoníaco, se absorbe con el aporte de agua de las diferentes procedencias que, al ser evaporada, mantiene el equilibrio térmico del sistema.

Se pueden producir otras reacciones secundarias de degradación del sulfato de lactama. Esta degradación es directamente proporcional a tres parámetros:

- Temperatura y presión de operación en el cristalizador.
- Tiempo de residencia en el cristalizador.
- Acidez en el cristalizador.

A mayores índices de estos parámetros se degrada más el sulfato de lactama por polimerización y producción de oligómeros.

Descripción del diagrama de flujo del proceso

La Unidad está esencialmente constituida por un cristalizador R-2, que opera bajo vacío (107-230 mm Hg absolutos), aproximadamente a una temperatura de 60°C, para evitar la degradación del Aceite de Lactama, que se separa en la Unidad.

El funcionamiento de este cristalizador se basa fundamentalmente en la utilización de la cantidad de calor disponible a partir de la reacción de Amoníaco gaseoso y de la solución de Sulfato de Lactama, del calor de la cristalización del Sulfato Amónico y de los calores sensibles de los fluidos suministrados. Los caudales de Amoníaco y Sulfato de Lactama se miden y regulan mediante los FR-4X/PHRCV-1AX (Amoníaco gas), FR-1/PHRCV-1B (solución amoniacal 24%) y FRC-5/FRCV-5 (Sulfato de Lactama). La relación entre los caudales de amoníaco y Sulfato de Lactama alimentados debe ser la correspondiente a un valor de pH comprendido entre 4,1 y 4,3, que está conseguido a través del pHRC-1, que actúa sobre ambas válvulas de entrada de amoníaco mencionadas anteriormente. El gran exceso de calor generado permite evaporar una cantidad importante de agua añadida (en la recirculación a R-2 en forma de aguas madres provenientes de TK-2).

La solución de Sulfato de Lactama, entra en la recirculación de la aspiración de P-1 junto con las aguas madres del TK-2, así como el Amoníaco que entra en la impulsión de P-1, enviándose al reactor mezclador R-1 donde se mezclan y reaccionan en contacto con una gran cantidad de producto recirculado. La mezcla así formada, pasa a la cámara de evaporación del cristalizador, donde el calor de reacción es disipado por evaporación de agua. La solución resultante, muy ligeramente sobresaturada, pasa entonces a la parte inferior (cámara de suspensión) por medio del tubo central, y entra en contacto con el lecho de cristales presente. La concentración y la geometría de este lecho están concebidas para que se produzca un contacto íntimo con las aguas madres y para obtener una desaturación casi completa respetando las mejores condiciones para el crecimiento cristalino. Las aguas madres son tomadas de nuevo desde la parte superior del recipiente de suspensión y se recirculan a través de P-1. Esta bomba es la que

proporciona la recirculación más grande de toda la Unidad, que es necesaria para absorber el calor de la reacción de neutralización y para procurar una agitación muy vigorosa en el fondo del reactor, y facilitar así la nucleización de los cristales. Debido al paso restringido bajo el embudo central (40 cm) los cristales pequeños que se van formando van aumentando de tamaño al entrar en íntimo contacto con el líquido ligeramente sobresaturado que desciende por dicho embudo.

La densidad de la solución de cristales de Sulfato Amónico que sale del cristalizador y que se mide en AR-1 es regulada por el caudal de Slurry a las centrífugas. El caudal de aguas madres procedentes de TK-2 y su contenido en agua son factores que intervienen en la regulación de cristales, de forma que un exceso de agua alimentada a R-2 provoca unos cristales a las centrífugas más pobres en Sulfato Amónico, y a la inversa.

El tanque TK-2 recibe un aporte de aguas madres procedente de la parte superior de la cámara de suspensión de R-2 (a través de P-7), que tiene como finalidad eliminar los finos. Además recibe el aporte de agua que es necesario evaporar para disipar el calor de reacción, que se realiza en forma de los condensados producidos en el proceso, y de una alimentación adicional de agua de procesos si fuera necesario y de aguas lácticas procedentes de U-429. El nivel en este tanque se mantiene constante mediante el LIC-3, que actúa sobre la válvula de admisión del agua de procesos antes citada, LICV-3A. En este tanque se realiza una buena disolución de los finos no centrifugados y se asegura un reciclaje de líquido no saturado hacia el cristalizador. Se proporciona, de esta manera, el agua cuya evaporación mantiene constante la temperatura en el cristalizador, controlada a través del PRCV-11/TR-4.

Los vapores que provienen de la superficie de evaporación son en primer lugar limpiados de partículas, pasando a través de un demister y después enviados a un condensador de superficie E-1. La Unidad se mantiene bajo vacío mediante la extracción de los incondensables por un grupo de eyectores alimentados por vapor de alta o media presión (J-1).

Los cristales son extraídos bajo la forma de "slurry" que contiene alrededor de un 30 a 35% en peso de fase sólida, cuyo caudal se mide y regula mediante el FRC-8 y la válvula FRCV-8. En este punto (impulsión de P-431-2) se encuentran también el pH-metro pHRC-1. A fin de obtener los mejores resultados en las centrífugas M-1 y M-2, el "slurry" se alimenta previamente al espesador D-1 ó D-3 respectivamente, en el que, por propia fuerza centrífuga, el cristal queda pegado a las paredes, mientras que parte del líquido pasa una malla metálica y se recupera al tanque de aguas madres TK-2; se consigue así, a la salida del espesador, que la corriente lleve ya un 50% en peso de fase sólida, que es la que se alimenta a las centrífugas M-1 ó M-2, y de ésta al secador y, posteriormente, a las cintas transportadoras. La descarga de la centrífuga M-2 hacia el secador se hace mediante los tornillos sin fin CO-1 y CO-2.

Finalmente, el Aceite de Lactama resultante de la reacción, se retira de la parte superior de la cámara de suspensión mediante la bomba P-3. Esta extracción permite igualmente

la purga de otros componentes orgánicos presentes. El caudal de Aceite de Lactama extraído se mide y regula mediante el FRC-9 y la válvula de control FRCV-9.

Esta solución de aceite de lactama, junto con un pequeño porcentaje de AS (5/ 10% del total enviado por las P-3A/B) se recibe en la U-422 donde se mezcla con el AS que procede del D-422-3 es recirculado para evitar obstrucciones por cristalización de AS.

A esta corriente se le controla el pH mediante el pHRC-422-1, aportando solución amoniacal del 24%.

Adicionalmente se puede aportar solución amoniacal al mezclador en línea de U-431, instalado en la impulsión de las P-3A/B en su envío a la U-422. (Esta operación no se realiza habitualmente).

Del D-422-3 aspiran las P-422-9A/B y una parte del AS se retorna a esta unidad para su cristalización y recuperación de la lactama que contiene.

Diagrama de flujo del proceso (DFP):

Se adjunta en la imagen 10 el diagrama de flujo de proceso para la referencia del proceso. Los valores de las variables de proceso no son significativos de una carga determinada de la unidad, sino los que había en el momento de la impresión del gráfico.

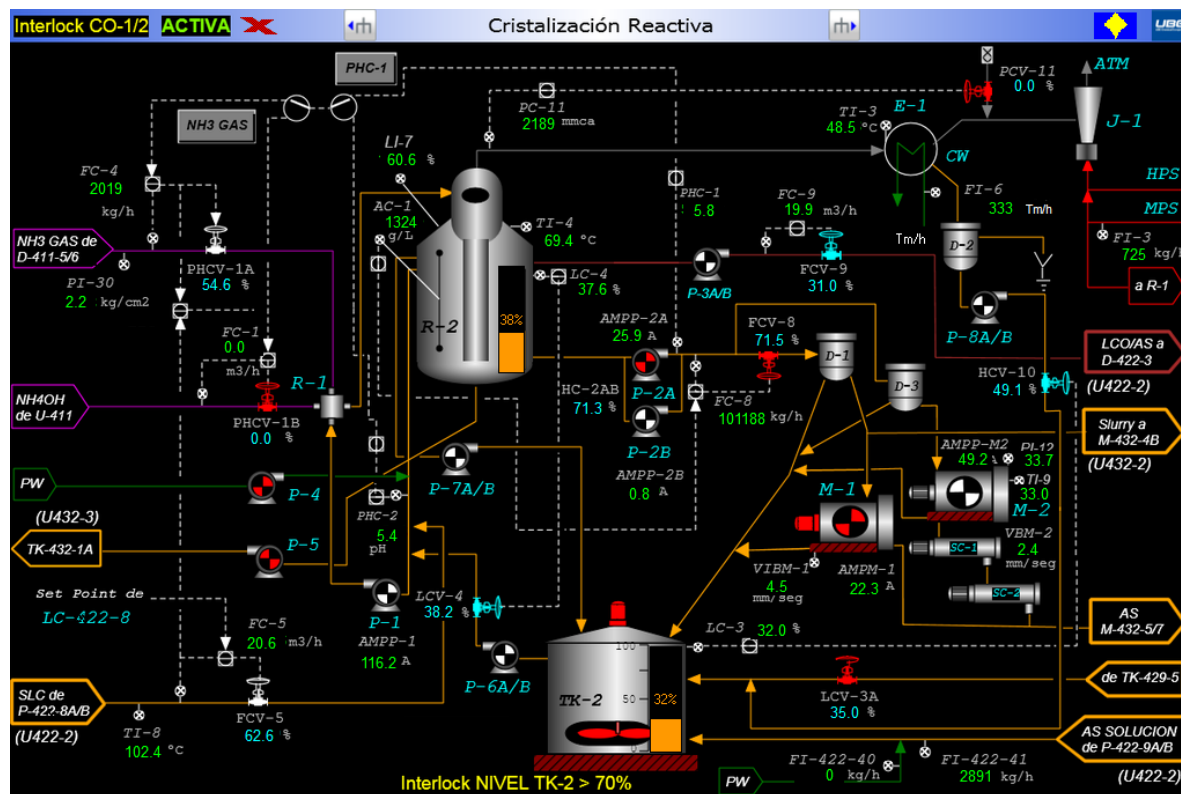


Imagen 10. Diagrama de flujo de proceso para la unidad 431.

7.2 U-432

Objeto de la unidad

En esta Unidad se efectúa la cristalización y el secado del sulfato amónico (en adelante AS). Los cristales obtenidos se envían a la Unidad de Almacenamiento de Sulfato Amónico (U-434) para su posterior distribución a granel, en sacos o big bags.

El AS llega a la Unidad en forma de solución acuosa, procedente de la Unidad de Oximación (U-421). Además, es posible la síntesis de sulfato amónico a partir de la alimentación de ácido sulfúrico y amoniaco líquido a la unidad.

Fundamentos teóricos

El proceso de obtención del Sulfato Amónico sólido se basa en un fenómeno físico: la cristalización. Merced a este fenómeno, las moléculas de Sulfato Amónico disociadas en disolución acuosa abandonan el estado líquido para reagruparse en forma de sólidos cristalinos.

La cristalización, en general, se produce cuando, a una determinada temperatura, la concentración de soluto (en nuestro caso Sulfato Amónico) en una disolución, es mayor que la solubilidad de dicho soluto a esta temperatura.

La solubilidad de los productos varía con la temperatura. El sulfato amónico es tanto más soluble en agua cuanto mayor es la temperatura de la disolución.

Se dice que una disolución está saturada cuando no es capaz de disolver más soluto. Cuando una solución tiene más soluto que el que le correspondería a esa temperatura, se dice que está sobresaturada.

Se llama grado de sobresaturación a la diferencia existente entre la concentración de un soluto en una disolución sobresaturada y la concentración de saturación correspondiente (solubilidad)

Para que se formen cristales en una disolución, es necesario que exista un cierto grado de sobresaturación. En nuestro caso, el grado de sobresaturación se alcanza concentrando la disolución de sulfato amónico en agua por evaporación del disolvente con calor, que se aporta mediante vapor de agua.

Hay dos etapas básicas en el fenómeno de la cristalización: la formación de núcleos de cristalización y el crecimiento de los cristales sobre estos núcleos. En ambas etapas, la fuerza impulsora es el grado de sobresaturación que tiene la solución madre, en la que se produce la cristalización. Si el grado de sobresaturación es excesivo, se produce más rápidamente la nucleación que el crecimiento de los cristales, y, como consecuencia, aparecen más finos.

Para mantener en control la cristalización, es necesario limitar el grado de sobresaturación para disminuir la velocidad de nucleación y poder así controlar el tamaño de los cristales.

En condiciones óptimas de operación, el producto que entra a los cristalizadores debe ser una solución sobresaturada en la que ya se han formado los núcleos de cristalización (equilibrio metaestable). El crecimiento de los cristales se produce dentro de los cristalizadores durante el trayecto de sedimentación de los cristales hacia el fondo de los mismos.

También son factores críticos, en las condiciones de cristalización, los siguientes:

- El tiempo de residencia, cuyo aumento debe favorecer el aumento de tamaño de los cristales.
- La agitación, que debe favorecer la velocidad de crecimiento de los cristales.
- La forma del cristizador.
- La temperatura.
- El pH
- La presencia de impurezas solubles o insolubles en la solución madre.

En los procesos de cristalización en continuo, como es nuestro caso, se alcanzará el estado estacionario y, por tanto, la estabilidad de operación, cuando el número de cristales que salen de los cristalizadores sea igual al número de nuevos núcleos de cristalización formados. En estas condiciones el tamaño de los cristales se mantendrá constante si la alimentación es constante.

En esta Unidad, el proceso se lleva a cabo en dos cristalizadores, operando por evaporación en doble efecto. Ello significa que el vapor procedente de concentrar la solución de AS del primer cristizador se aprovecha como medio de calefacción para concentrar la solución de AS del segundo cristizador. Esta circunstancia obliga a evaporar el agua en el segundo cristizador a menor temperatura que en el primero, lo cual sólo es posible trabajando a vacío en el segundo cristizador, a diferencia del primero, que está a presión ligeramente superior a la atmosférica.

El producto que sale de los cristalizadores está constituido por cristales y licor madre. Es necesario separar estos cristales y secarlos.

Primeramente, se procede a concentrar en cristales el producto de fondo haciéndolo pasar a través de hidrociclones espesadores de cuyo fondo se alimenta a las centrífugas, en la que se separan los cristales de las aguas madres, que se envían para ser reprocesadas junto con la solución de AS fresca.

Posteriormente, los cristales, todavía húmedos, se secan por contacto directo con aire caliente y frío.

El producto final, cristales secos, ya queda listo para su ensacado y distribución.

Descripción del diagrama de flujo del proceso

La solución de AS procedente de la U-421 se puede almacenar en dos tanques, TK-432-1/B/C. En cambio, el tanque TK-1A está aislado del sulfato de oximación y dispuesto para recibir producto de fondo de R-431-2, en caso de dilución de U-431. Además el TK-1A se encuentra comunicado mediante una línea con el TK-431-2 que permite el trasvase entre ambos tanques. Para llevar a cabo el trasvase en la dirección TK-1A a TK-431-2 se empleará la bomba P-431-9. Para llevar a cabo el trasvase en dirección contraria se empleará la P-431-6. Con el objetivo de evitar el rebose del TK-1A durante el envío con P-431-6, se encuentra instalada la RBV-431-1 que se cerrará al producirse la HLA-1A. Del mismo modo, para evitar el rebose del TK-431-2 cuando se envía sulfato desde el TK-1A, se encuentra instalada la RBV-431-2 que se cerrará, al mismo tiempo que se produce el paro de la P-431-9, cuando se produzca la HLA-431-2.

Desde los tanques de almacenamiento de sulfato de oximación aspiran las bombas P-1A/B, que envían la solución de AS a los dos cristalizadores en paralelo (by-pass depósito lavado D-1), previo calentamiento de esta corriente al pasar por los intercambiadores E-1 y E-2.

El D-1 es un recipiente con relleno cerámico donde se lava en contracorriente el aire procedente de los secadores de cristales de AS, M-5 o M-7. Por la parte superior entra una solución de AS, la cual, al descender a través del relleno, arrastra y disuelve las partículas de AS en suspensión que lleva la corriente ascendente de aire procedente de secadores.

Del fondo del D-1 aspira la P-2Ax/C, que envía parte de la solución de AS según densidad al tanque TK-432-1C y otra parte recircula hacia el D-1. A la entrada del depósito lavador se adicionan las aguas del TK-432-14 y condensado con el fin de evitar presurizados de los secadores de cristales de AS, M-5 o M-7.

El aire exento de sólidos sale por la parte superior del D-1, aspirado por la soplante B-1, que lo envía a la atmósfera a través del separador de gotas D-432-102.

El D-1 también actúa como tanque de aguas madres ya que, por la parte inferior, recibe el licor madre que se separa de los cristales de AS en las centrífugas M-4A/B, así como el líquido recogido en el separador de gotas D-102.

Esta corriente pasa a través del calentador E-3A/B y va a la aspiración de la P-3, donde se une a la recirculación del Cristalizador I. La P-3 recircula la mezcla de reciclo del cristalizador D-4 y alimentación de AS fresco a través del evaporador E-4, y la retorna al D-4. En el evaporador E-4, el producto, que circula por tubos, recoge el calor procedente de la condensación del vapor, la cual provoca la evaporación parcial del agua de la solución del Sulfato Amónico en el propio cristalizador.

La P-3 dispone de variador de velocidad, que sirve para regular la velocidad de giro del motor y, con ello, el caudal de recirculación a través del evaporador.

La solución de AS va directamente a la aspiración de la P-5 de reciclo del cristizador II. Igualmente, la corriente de impulsión de P-5 se calienta en el E-5 y retorna al D-6, donde se produce la separación del agua evaporada.

Los cristales de AS formados en ambos cristalizadores se descargan desde un punto bajo hasta la aspiración de las bombas de recirculación que, a través de los hidrociclones espesadores, se envían a las centrífugas.

En este reciclo hay una línea de aporte de solución amoniacal prevista para neutralizar la acidez de las aguas madres resultado de la descomposición parcial del AS en ácido sulfúrico y amoníaco con la temperatura.

De las centrífugas M-4A y M-4B aspira el extractor B-2, para eliminar el vapor de agua.

Al secador M-5 pasan los cristales húmedos que se separan en las centrífugas M-4A y M-4B.

El M-5 recibe una corriente de aire frío, procedente de la soplante B-3, y una corriente de aire caliente, suministrada por la soplante B-4, que envía el aire a través del intercambiador E-7, donde se calienta con vapor de media. Así se elimina el agua residual del Sulfato Amónico en la primera parte del secador, por medio del aire caliente, y se enfrían los cristales por medio del aire frío en la segunda parte del secador.

El secador M-7 puede recibir los cristales que se separan en la centrífuga M-431-1 de la Unidad de Cristalización Reactiva. Además, también puede recibir cristales de la centrífuga M-4B. El M-7 también tiene aporte de aire frío y aire caliente. Ambas corrientes proceden de la soplante B-5. El aire caliente se obtiene al pasar parte del total manejado por B-5 a través del calentador con vapor de media E-10.

En condiciones normales, ambas corrientes, procedentes de U-431 y U-432, se procesan juntas en M-5. Excepcionalmente se utiliza M-7.

El aire caliente que abandona los secadores, cada uno por su línea, pasa a través del lavador D-1, donde cede a la solución de AS el calor que contiene y es lavado y desprovisto de los micro-cristales de AS que arrastra.

La unidad U-432, al igual que la U-433, también permite la producción de sulfato amónico de forma sintética (a partir de amoniaco líquido y ácido sulfúrico).

Para la síntesis de sulfato amónico se alimenta en las aspiraciones de P-3 y P-5 respectivamente; condensado, ácido sulfúrico y amoniaco líquido; siguiendo el sentido de flujo de la recirculación del D-4 y D-6.

Para la alimentación de condensado al D-4 desde las P-432-8, se controla el caudal alimentado con la FCV-10 y se mide con el FC-10. En el caso de la alimentación al D-6 se controla el caudal con la válvula de control FCV-11 y se mide con el FC-11.

El aporte de ácido se realiza mediante los difusores MX-3 y MX-4, controlando el caudal a través de los lazos formados por FCV-6 y FC-6 en el caso del D4, y FCV-7 y FC-7 en el caso del D-6.

El aporte de amoniaco líquido se realiza mediante los difusores MX-1A/BC y MX-2A/BC, controlando el caudal a través de los lazos formados por FCV-8 y FC-8 en el caso del D4, y FCV-9 y FC-9 en el caso del D-6.

El evaporador E-4 situado en la recirculación del Cristalizador I (D-4) se calienta con una mezcla de vapor de Media. El condensado que abandona E-4 pasa al E-3 y, a continuación, al E-1, para precalentar la solución de Sulfato Amónico que va hacia los cristalizadores. A la salida del E-1, el condensado se envía al D-020-2 (receptor de condensado de 80°C), situado en el bloque de Lactama.

El vapor formado en el cristalizador D-4 se aprovecha como medio de calefacción en el evaporador E-5, situado en la recirculación del Cristalizador II (D-6), que trabaja a vacío. El condensado que sale del E-5 pasa al E-2 para precalentar la solución de Sulfato Amónico que va al lavador D-1.

El condensado que sale del E-2 pasa al depósito D-11 y de aquí se puede mandar, con la P-10, a la U-2408 de Combustión de Líquidos Residuales y, con la P-8A/B, a la red de tuberías para lavado de equipo propio de la Unidad, sellos de bombas, "flushings" de instrumentos y separador de gotas D-102.

Los vapores generados en el D-6 pasan al sistema de condensación, constituido por los aerorrefrigerantes E-6A/D y, en paralelo con éstos, el condensador E-12, que trabaja con agua de refrigeración. Para impulsar el agua de refrigeración hasta la 4ª planta, se utilizan la P-12 y P-11, que trabajan en serie (booster). Durante el invierno, cuando el E-6 sea suficiente, se puede sacar de servicio el E-12, parando la P-12. En condiciones intermedias, se regula el caudal de CW al E-12 mediante la válvula de control manual HCV-3.

El condensado procedente de los E-6A/D y E-12 pasa por el pote de sello D-7 y se envía al depósito de condensado D-11.

Las condiciones de vacío en D-6 y todo el sistema de condensación (E-12 y E-6A/D) se mantienen con las bombas de vacío P-7A/B, que aspiran los incondensables del E-6A/D y E-12 una de cada equipo.

La presión es regulada con la PRCV-2.

Diagrama de flujo del proceso (DFP):

Se adjuntan en las imágenes 11, 12, 13, 14 y 15 los diagramas de flujo de proceso para la referencia del proceso. Los valores de las variables de proceso no son significativos de una carga determinada de la unidad, sino los que había en el momento de la impresión del gráfico.

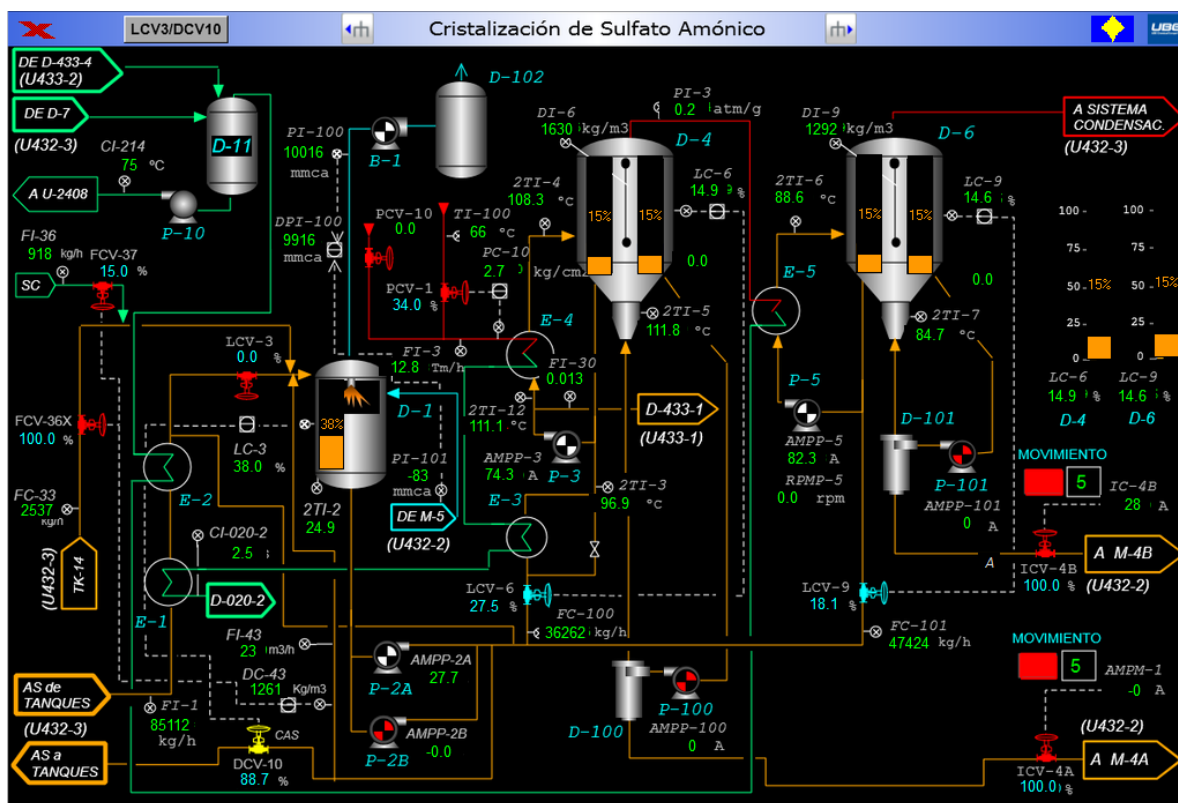


Imagen 11. DFP de la Cristalización de AS.

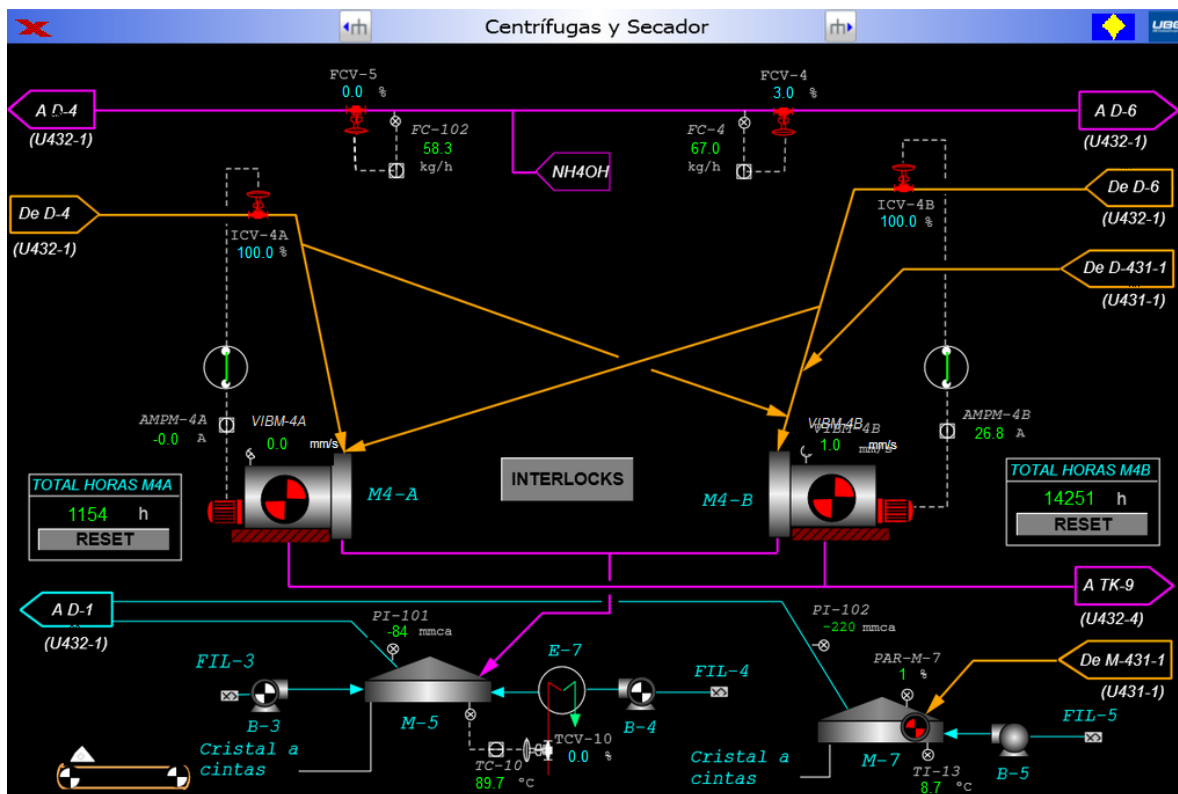


Imagen 12. DFP de Centrífugas y Secador.

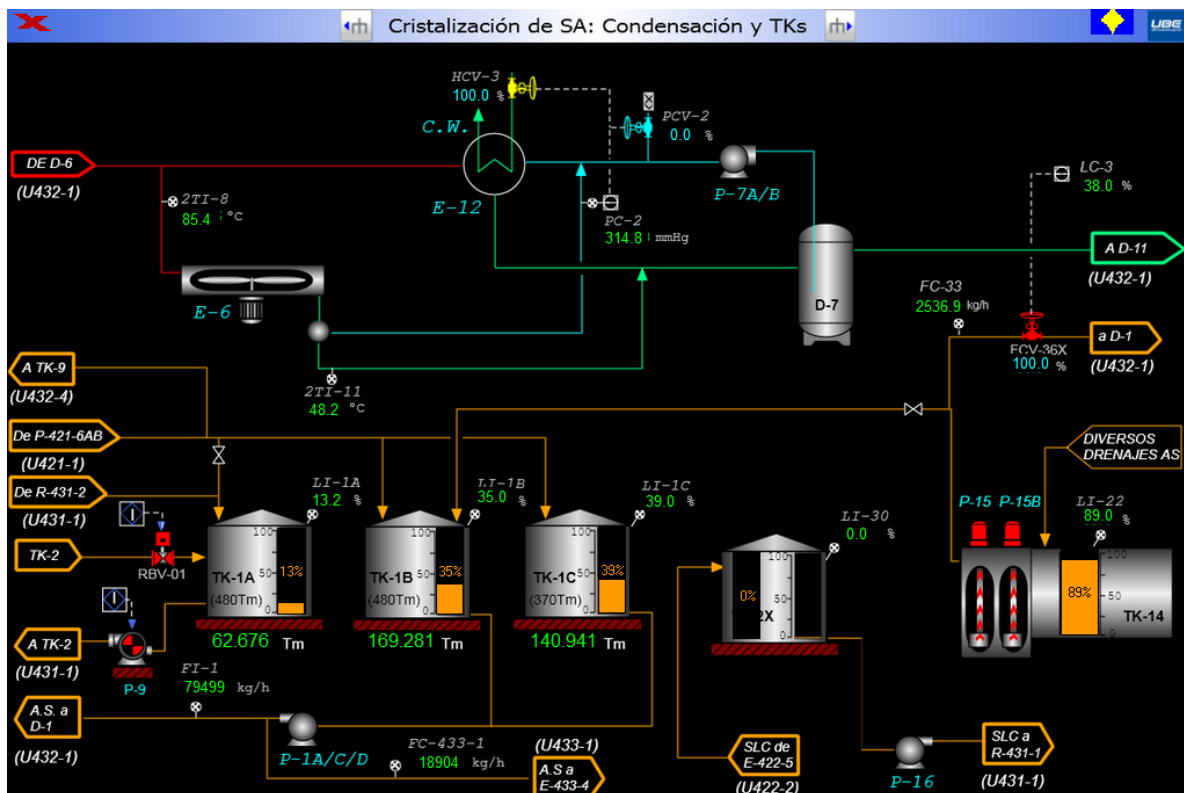


Imagen 13. DFP de Condensación y TK's.

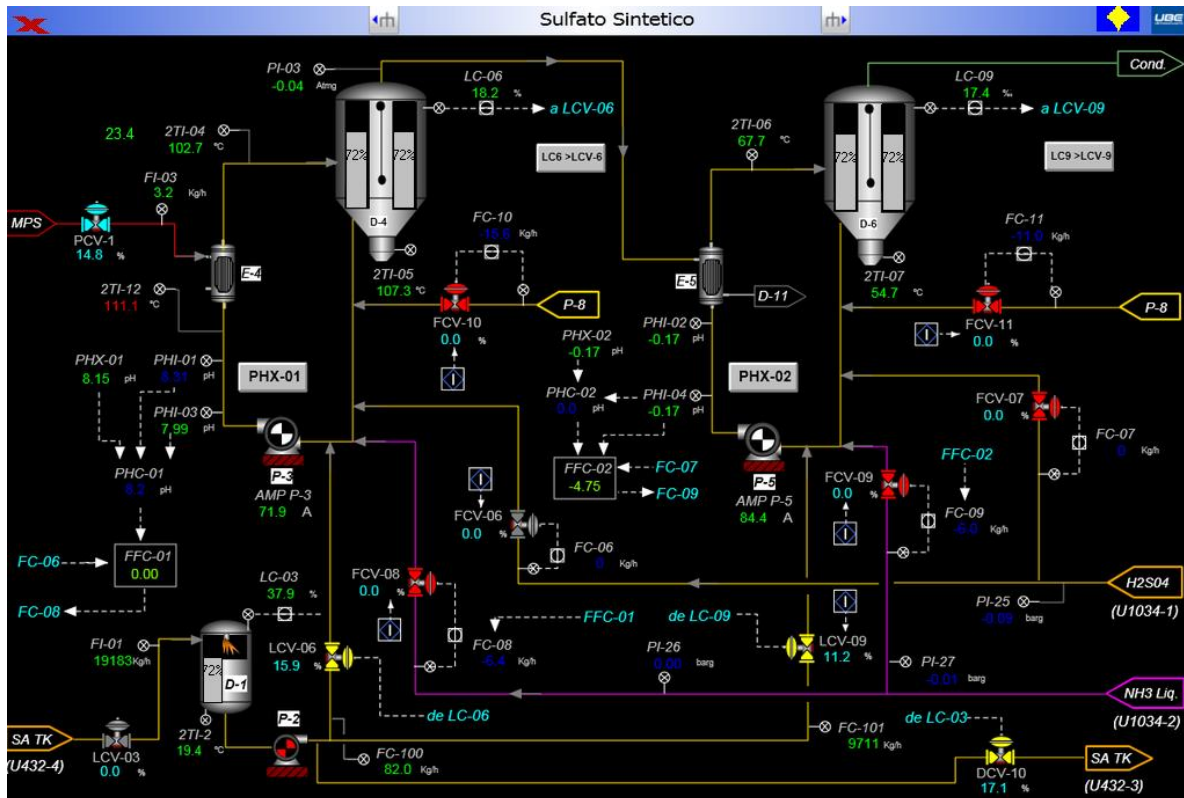


Imagen 14. DFP de Sulfato sintético.

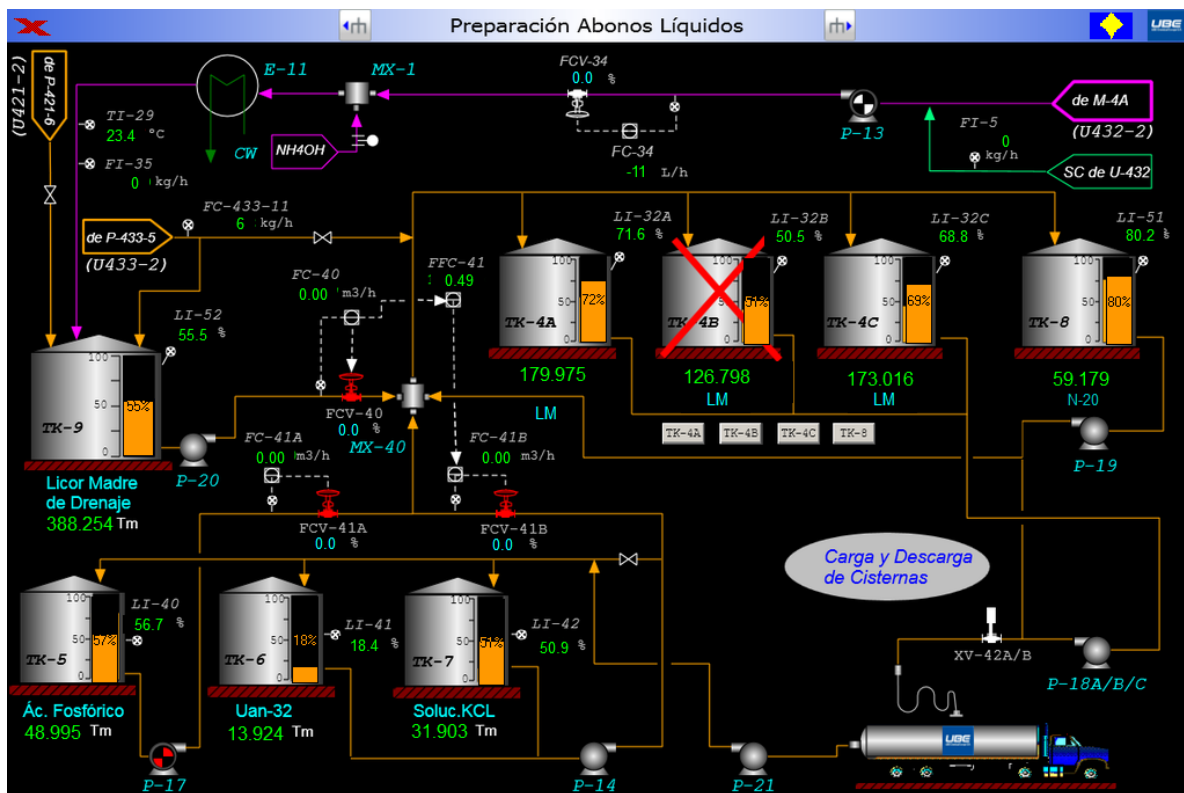


Imagen 15. DFP de Preparación de abonos líquidos.

7.3 U-433

La unidad 433 (U-433) se produce la cristalización, secado y separación de cristales de sulfato amónico en dos fracciones de diferente tamaño, las cuales se envían al almacén de Sulfato o unidad 434, para su posterior comercialización.

La U-433 tiene 2 posibles alimentaciones:

- Solución de sulfato amónico procedente de la U-421 de Oximación, igual que la U-432,
- NH_3 y H_2SO_4 , a partir de los cuales se hace SA sintético.

La U-433 y la U-435 se diferencian de las otras unidades de cristalización existentes (U-431 y U-432), en que se produce un cristal característico por su apariencia redondeada y lenticular, que además es de un tamaño medio superior al cristal producido en las demás unidades. Se trata en suma, de un sulfato con mayor valor añadido, más fluido y manejable como abono sólido.

Más de la mitad de la producción final de U-433, separada con una criba y constituida por los cristales más gruesos, de un tamaño igual o superior al 1,7 mm., se denomina Sulfato Granular y tiene un tratamiento comercial distinto a la fracción restante.

Posteriormente, en el almacén de sulfato amónico, el sulfato amónico granular procedente de ambas unidades U-433 y U-435 se criba en la S-434-300 que separa los cristales de un tamaño comprendido entre 1,7 y 3,0 mm. como Sulfato Granular G-2 y por otro lado los cristales de tamaño igual o superior a 3,0 mm. de diámetro como Sulfato Granular G-3.

La fracción restante de la U-433, el cristal de grano menor de 1,7mm. se mezcla con el producto de las U-431, U-432 y U-435 el cual en su conjunto es el Sulfato Amónico Normal.

El licor madre que es necesario retirar continuamente de la Unidad, se aprovecha como materia prima en las instalaciones de preparación de abonos líquidos.

Fundamentos teóricos

La cristalización de sulfato amónico (SA) para obtener cristales de Sulfato Granular, mayoritariamente más grandes que los producidos mediante un sistema convencional, requiere la utilización de un tipo de cristalizador especialmente adecuado para este fin.

El cristalizador existente en la U-433, dispone de un potente sistema de agitación interior capaz de mantener en suspensión una elevada concentración de cristales, para incrementar el tiempo de estancia de estos en la zona superior del cristalizador, donde se produce la continua evaporación del agua, la consiguiente sobresaturación de la solución de SA y el continuo crecimiento de los cristales presentes, en suspensión.

Al mismo tiempo gracias al permanente movimiento al que se someten los cristales, debido a la fuerte agitación, estos adquieren su forma redondeada característica.

El cristalizador tiene además una serie de divisiones o tabiques internos para canalizar el producto agitado, de forma que la fracción rica en cristales de gran tamaño, se va depositando en el fondo, hacia la salida de lodos hacia la centrífuga, mientras que la otra fracción de producto con cristales de menor tamaño, incluidos los “finos”, se va desplazando hacia una zona de sedimentación o reposo, de cuya parte superior aspira una bomba de reciclo, la cual toma la cantidad suficiente de solución saturada con finos. La corriente de reciclo de solución saturada con finos, se calienta para que al retornar al cristalizador se produzca la necesaria evaporación del agua; pero al mismo tiempo, se trata de un calentamiento de 8-10° C, adecuado para redissolver los finos. De esta forma no solo se favorece una eficaz separación de los cristales grandes dentro del cristalizador, sino que también se impide la aparición de cristales pequeños, al disponer de un eficaz sistema de eliminación de finos.

Finalmente, otra peculiaridad del sistema es el tiempo de residencia medio dentro del cristalizador, más elevado que en otros sistemas de cristalización, para favorecer el mayor crecimiento de los cristales.

Los procesos de cristalización en general requieren que se mantenga una cierta estabilidad de operación para conseguir el estado estacionario o equilibrio entre la formación de nuevos núcleos de cristalización y la extracción de cristales. El

cristalizador de U-433, en particular, es muy sensible a las alteraciones en el proceso, por lo que para rendir la máxima proporción de Sulfato Granular, precisa una casi absoluta constancia respecto a los valores de las variables de proceso.

Asimismo, después de una puesta en marcha, se puede tardar hasta dos días en alcanzar el estado estacionario y por lo tanto la capacidad nominal de producción de Sulfato Granular. En consecuencia, cualquier parada reduce la capacidad máxima de producción de Sulfato Granular en tres o cuatro días adicionales al tiempo de parada.

Descripción del diagrama de flujo de proceso:

La solución de sulfato amónico procedente de los tanques de almacenamiento que reciben de la U-421 de Oximación, se alimenta al tanque de aguas madres TK-1, el cual recibe además las siguientes corrientes que contienen sulfato amoníaco:

- Aguas madres con cristales pequeños o finos, procedentes del espesador y de la centrífuga.
- Solución acuosa de lavado de los vahos procedentes del secado de los cristales.
- Solución acuosa del coalescedor de gotas situado en la línea de vapores de salida del cristalizador.
- Solución saturada con finos procedente de analizadores.
- Licor madre purgado de la U-435.

Además, el TK-1 también tiene una línea de alimentación de condensado. El TK-1 tiene agitador, línea de aporte de condensado de proceso y sistema de calefacción externa para asegurar en todo momento un buen mezclado y la redisolución de todos los finos que recibe. La disolución resultante, se pasa con la P-4A/B a la aspiración de la P-1, que mueve el reciclo externo del cristalizador.

El cristalizador D-1 recibe la corriente de reciclo, impulsada por la P-1, previamente calentada con vapor en el E-1 y por vapor recomprimido mediante los compresores C-1, C-2 y C-3 en el intercambiador E-8. La alimentación se introduce debajo de la hélice del agitador interno MX-1, de forma que se produce un vigoroso mezclado en sentido ascendente por el canal central del D-1.

En la parte superior del D-1 se evapora el exceso de agua alimentado con la disolución procedente del TK-1. Como el D-1 trabaja a 200 Torr, la temperatura de equilibrio correspondiente en la zona de evaporación (TI-12) es de 72 C. Por lo tanto, siempre que se mantenga en la alimentación procedente de P-1 un caudal suficiente y una temperatura superior a la de cabeza del cristalizador, se producirá la evaporación.

De la zona de reposo del D-1, por encima de la interfase de presencia de cristales, aspira la bomba P-1 que hace circular la corriente de reciclo. De esta corriente aspiran dos bombas (P-2 y P-5) y se alimentan el NH₃ (gas y líquido) y el H₂SO₄ que produce el SA sintético. A continuación, se hace una relación de las alimentaciones e inyecciones en esta corriente ordenadas en el sentido de circulación:

Primero, alimentación al depósito separador, D-11, para que puedan aspirar la P-2 y la P-5 antes de ser introducido el H_2SO_4 :

- la P-2, que manda una pequeña parte del reciclo al fondo del D-1, pasando a través del calentador E-3. Esta corriente se denomina de clasificación y contribuye a mantener fluidificado el fondo del D-1, para impedir las obstrucciones, y enriquecer en sulfato granular el fondo del cristizador.
- La P-5 o bomba de residuos, así denominada porque efectúa la purga del sistema y saca una corriente de este producto hacia los tanques de abono líquido. Asimismo, la P-5 también envía en paralelo otra fracción de este producto al recipiente separador D-6, donde se decantan los finos y el sobrenadante pasa a través de los analizadores de pH y turbidez.

Segundo, inyección de H_2SO_4 para la producción de SA sintético, aguas arriba de la inyección de NH_3 , para evitar coloración rosa del SA por alto pH.

Tercero, inyección de NH_3 (gas) para la producción de SA sintético

Cuarto, inyección de NH_3 (líquido) para la producción de SA sintético.

Quinto, inyección de NH_4OH para control del pH en caso de no producirse SA sintético.

Sexto, alimentación de la P-4 con la disolución del TK-1. De aquí la corriente pasa a la bomba de reciclo P-1. Después, la corriente de reciclo pasa por el cambiador E-8 y posteriormente por el E-1, donde es calentada, y de ahí es alimentada al D-1.

Desde la impulsión de la P-1, una línea auxiliar permite el paso del producto a través de un densímetro y retorna a la aspiración de la misma P-1.

Aguas bajo del E-1, una línea auxiliar circula el producto a través de dos analizadores de pH y lo devuelve al TK-1.

El condensado de vapor procedente del calentador E-1, pasa a través del recipiente intermedio D-5, donde se regula el nivel de condensado en éste y a su vez en el E-1. A continuación pasa al precalentador E-4, donde intercambia calor con la solución de SA fresco que se recibe en la unidad.

Los vapores de cabeza del D-1 circulan a través del recipiente D-3 dotado de una pantalla de coalescencia para eliminar los arrastres líquidos o nieblas y después el vapor por puede ser enviado a los compresores del MVR o enviarse al condensador E-2 enfriado con agua de refrigeración. De la parte superior del E-2 aspiran los eyectores de vacío J-1, los cuales extraen los incondensables del sistema recibiendo como fluido motriz vapor de media.

El condensado resultante del E-2, conjuntamente con el condensado procedente de J-1, se recoge en el recipiente de sellado D-4, situado en la planta baja. Del D-4 aspira la bomba P-6, que se encarga de alimentar, con este condensado de proceso, la red de lavado para líneas, instrumentos y equipos que se extiende por toda la unidad (FS). En el D-4 también puede recibir condensado de proceso de la U-435.

El excedente de condensado se manda al D-432-11 donde se mezcla con el condensado de proceso que se produce en la U-432.

La red de condensado para lavado también puede nutrirse con aporte adicional o sustitutorio de agua desmineralizada, agua de procesos o condensado de la U-432, según las circunstancias de cada momento.

Los vapores de cabeza de D-1 que son enviados al MVR se recomprimen en los compresores C-1, C-2 y C-3. En la aspiración de cada etapa de compresión se alimenta condensado a través de las válvulas de control FCV-46/47/48 respectivamente.

El vapor recomprimido de la impulsión del compresor C-3 se emplea en el cambiador E-8 donde se calienta la corriente de recirculación que pasa por tubo. En la carcasa de dicho cambiador se produce la condensación del vapor. El nivel del condensado acumulado en el E-8 se controla con la LCV-7 mediante el envío, con la P-17, del condensado al D-4. Desde el mismo cambiador también se envía condensado para la saturación del vapor de cada etapa de compresión, así como a los sellos de cada compresor. Ante la disminución de consumo de condensado desde el E-8, la bomba P-17 recirculará el condensado al cambiador a través de la PCV-46.

Próximo al fondo del D-1, se encuentra la tubuladura de aspiración de lodos o corriente rica en cristales producidos, de la que aspira la P-3A/B. Esta bomba, adecuada para el manejo de este producto, lo envía al espesador o filtro ciclónico D-2. Aquí se produce una eliminación previa de parte de las aguas madres merced a la fuerza centrífuga generada por la disposición tangencial de la tubuladura de alimentación de lodos, los cuales al entrar son lanzados contra la pared filtrante en forma de cono, que deja pasar las aguas madres, para expulsarlas lateralmente, mientras que los lodos van al fondo de la malla cónica. El producto principal cae sobre la centrifugadora (del tipo horizontal con empujador) M-1 y las aguas madres rebosan hacia el TK-1.

En la M-1, se produce también a través de una cesta filtrante, la separación intensiva de los cristales de Sulfato, mientras que las aguas madres que se separan también rebosan hacia el TK-1.

Los cristales producidos con un contenido de agua inferior al 1 % en peso, entran por gravedad al tambor del secador rotatorio M-2, donde se ponen en contacto con una corriente en paralelo o en el mismo sentido, de aire caliente. El M-2 consta de un tambor cilíndrico de 2 m de diámetro por 15 de largo, que gira lentamente sobre su eje y tiene una ligera inclinación hacia la salida para posibilitar el avance del producto. Sobre la superficie interior del secador hay unos deflectores dispuestos de forma alternada y todos paralelos al eje del cilindro cuya misión es la de facilitar la fluidificación del sólido para facilitar el máximo contacto con el aire caliente.

El secador M-2 funciona a ligero vacío, la entrada de aire es inducida desde el ambiente hasta el tambor cilíndrico pasando a través del cambiador E-433-7 y E-433-5. El E-5 es un

calentador de tubos aleteados por los que circula el vapor de calefacción, procedente de la red de vapor de media.

El secador M-2 dispone de un sistema de engrase de la corona a través de una bomba de engrase que funciona en automático.

Los cristales secos de Sulfato, con menos del 0,3 % de humedad en peso, que abandonan el M-1, se transfieren a través de una cinta CO-1 al elevador de cangilones CO-2, y de aquí caen sobre la criba M-3, (del tipo oscilante) donde el producto se distribuye según el tamaño de los cristales, en dos fracciones: los mayores de 1,7 mm integran el Sulfato Granular, mientras que el resto pasa formar parte del Sulfato Normal. La criba M-3 está además habilitada para el “escalpado” o rechazo de los terrones, que son enviados a una tolva intermedia.

La fracción de Sulfato Granular pasa al elevador de cangilones CO-3, donde se une con la producción de Sulfato Granular de la U-435 y se trasporta a la cinta CO-434-2X. A continuación, llega a la criba S-434-300, situada dentro del almacén de sulfato que separa el sulfato Granular según tamaño en: Sulfato granular G-3, Sulfato granular G-2 y Sulfato cristalino G-1.

El Sulfato cristalino cae sobre el elevador existente CO-434-1X donde se une con la producción de las U-431, U-432 y U-435 y descarga sobre la cinta CO-434-2X que lo trasporta hasta la parte sur del almacén del Sulfato (almacén viejo).

Todo el condensado procedente del vapor alimentado a la unidad, con la única excepción del condensado procedente del vapor a los eyectores de vacío, que se recupera como condensado de proceso, vía D-4, se envía a la red general de condensado a través del D-020-2.

El aire húmedo que sale del secador M-2, es aspirado hacia los ciclones D-7A/B, donde se eliminan la mayor parte de las partículas de sulfato que arrastra. El polvo se separa por el fondo de los ciclones arrastrado por una corriente de solución de sulfato fresco, y cae por gravedad hacia el TK-1.

De los D-7A/B aspira la soplante B-1, que aporta la energía necesaria para inducir el paso del aire atmosférico a través de todo el circuito de aire del secador. La B-1 descarga sobre el D-8 que es el conjunto lavador Venturi-Fivespray donde se eliminan las partículas restantes de polvo de sulfato amónico. Primeramente, los gases al entrar en la garganta del Venturi inciden contra una cortina de agua atomizada, que proporcionan tres boquillas, y ambas corrientes de líquido y gas pasan a través de la garganta en condiciones óptimas para que se produzca la captación de polvo por parte de las gotas de líquido.

La descarga del Venturi entra tangencialmente en el separador Fivespray, que actúa primeramente como separador ciclónico, ya que las gotas de líquido procedentes del Venturi son lanzadas contra las paredes y se deslizan hacia el fondo del D-8.

Los vapores ascienden por el D-8 pasando a través de una segunda sección de lavado, constituida por unas placas oblicuas en disposición radial por las que cae agua de lavado y en la parte central tiene una chimenea para facilitar el paso ascendente del gas. Las placas oblicuas favorecen la separación del líquido, sin aumentar excesivamente la caída de presión.

Sobre el montaje anterior se añade agua pulverizada en régimen muy turbulento mediante una boquilla. El agua arrastra las partículas mojadas hacia abajo.

Para evitar que las gotas de agua salgan del sistema, hay en la parte superior del D-8 un separador de gotas que aumenta la velocidad del gas por su sección, enviando las gotas hacia la pared del depósito, mientras que el gas limpio y saturado de humedad sale por la chimenea situada sobre el mismo.

El agua procedente del lavado sale por el fondo del D-8 y pasa al D-9 que es un recipiente de sellado, para evitar que los vahos salgan por el fondo del D-8 junto con el líquido, y también es un recipiente de regulación del nivel de líquido.

Del D-9 aspira la bomba de reciclo P-7, la cual devuelve el agua de lavado a las tres boquillas del Venturi y a la boquilla del Fivespray.

El sistema de lavado descrito tendrá pérdidas de agua por dos conceptos:

1. Por evaporación del agua que sea necesaria para enfriar y saturar los vahos procedentes de la soplante B-1.
2. Por la purga obligada que se tiene que efectuar en el sistema para evitar una excesiva acumulación de sulfato amónico en la solución de lavado.

Como el D-9 funcionará rebosando permanentemente, Resulta necesario un continuo aporte de agua para mantener en equilibrio la concentración de la disolución de lavado y el nivel en dicho depósito. Como agua de reposición se usa condensado de la red de lavado propia de la unidad, que se añade directamente a la salida del D-9, junto a la aspiración de la P-7.

La solución de sulfato amónico resultante del sistema de lavado puede llevarse por gravedad al TK-1, vía bajante de los ciclones D-7A/B, o al depósito de sellado D-4.

En la base de la chimenea de salida de vahos a la atmósfera, se alimenta una pequeña parte de aire caliente con la soplante B-2 que a su vez lo aspira del aire que sale del calentador E-5 y mayoritariamente es introducido en el tambor del M2. La finalidad de esta adición de aire caliente es la de reducir el nivel de saturación de los vahos que proceden del D-8, con objeto de eliminar el goteo característico propio de los puntos de emisión de gases saturados de humedad y minimizar la opacidad del penacho de vapores que lanza la chimenea.

Diagrama de flujo del proceso (DFP):

Se adjuntan en las imágenes 16 y 17 los diagramas de flujo de proceso para la referencia del proceso. Los valores de las variables de proceso no son significativos de una carga determinada de la unidad, sino los que había en el momento de la impresión del gráfico.

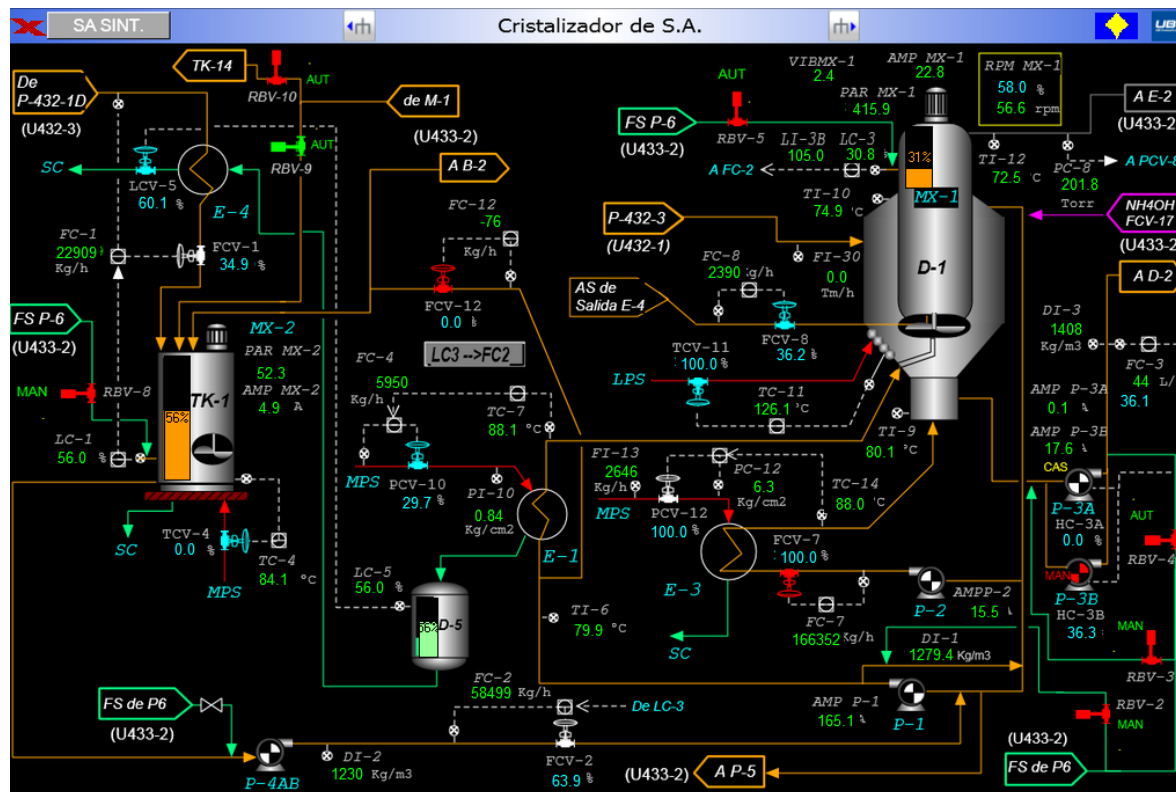


Imagen 16. DFP del cristalizador de S.A.

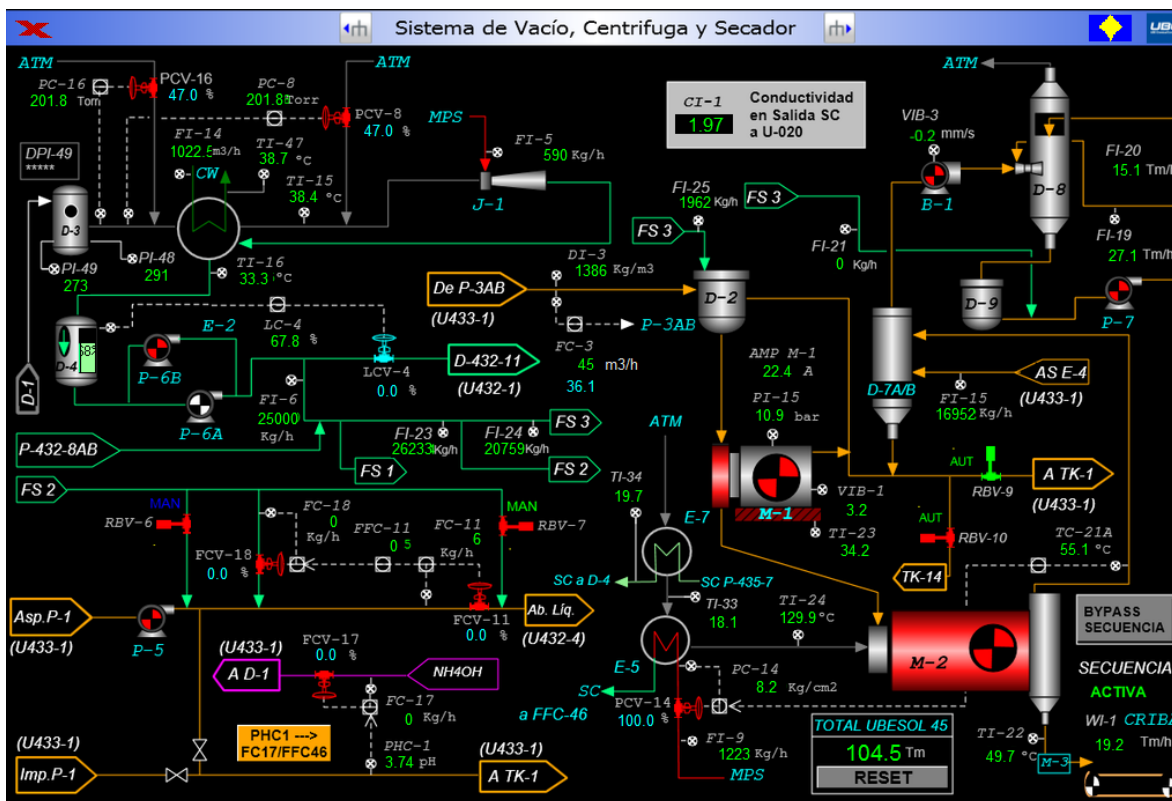


Imagen 17. DFP del sistema de vacío, centrífuga y secador.

7.4 U-435

Objeto:

En la unidad 435 (U-435) se produce la cristalización, secado y separación de cristales de sulfato amónico en dos fracciones de diferente tamaño, las cuales se envían al almacén de Sulfato o unidad 434, para su posterior comercialización.

La alimentación de la U-435, es solución de sulfato amónico procedente toda ella de la U-421 de Oximación, igual que la U-432 y U-433; las 3 unidades comparten la misma alimentación de producto a procesar.

La U-435, al igual que la U-433, se diferencia de las unidades de cristalización existentes U-431 y U-432, en que se produce un cristal característico por su apariencia redondeada y lenticular, que además es de un tamaño medio superior al cristal producido en las demás unidades. Se trata, en suma, de un sulfato con mayor valor añadido, más fluido y manejable como abono sólido.

La U-435 se diferencia de la U-433 existente en el fluido calefactor. En el caso de la unidad 435, el vapor empleado para evaporar, es el propio vapor generado en el cristalizador, pero recomprimido mecánicamente mediante tres soplantes de vapor en serie. De esta forma se

produce un ahorro energético ya que no se pierde el calor latente de los vapores en condensadores de agua de refrigeración.

Aproximadamente el 80% de la producción final de U-435 es sulfato granular. Esta producción se logra separando la producción con una criba. Los cristales más gruesos, de un tamaño mayor de 1,7 mm., se denomina Sulfato Granular y tiene un tratamiento comercial distinto a la fracción restante. El cristal de tamaño comprendido entre 1.2 mm y 1.7 mm se empleará como “semilla” para aumentar la producción de sulfato granular y se recirculará como alimentación al cristizador. El cristal de grano menor a 1.2 mm se mezclará, en parte, con el producto de las U-431 y U-432, el cual, en su conjunto, seguirá siendo el Sulfato Normal. Parte del cristal de grano menor se recirculará dentro de la unidad para ser redisoluto y así limitar la producción de sulfato “cristalino” fino. El objetivo es limitar esta producción a menos de 20% del total.

El licor madre que es necesario retirar continuamente de la Unidad, se aprovecha como materia prima en las instalaciones de preparación de abonos líquidos.

Fundamentos teóricos:

La cristalización es una operación en la industria química por la que se generan cristales sólidos a partir de una solución saturada del soluto en el disolvente. En nuestro caso el soluto es el sulfato amónico y el disolvente es el agua.

El paso de una solución saturada sin cristal a la formación de cristal sólido en suspensión se produce mediante evaporación o eliminación de disolvente (agua) o enfriamiento de la solución saturada ya que la capacidad del disolvente de mantener el soluto disuelto suele ser menor a medida que la temperatura baja. En nuestro caso se elimina disolvente por medio de evaporación.

Al eliminar disolvente de una solución saturada se produce una solución inestable llamada solución sobresaturada. Según el grado de sobresaturación, el soluto cristalizará sobre cristales ya presentes ó cristalizará espontáneamente generando finos. Si el grado de sobresaturación se mantiene en valores bajos obtendremos crecimiento de cristal por lo que se podrá obtener sulfato amónico granular. Si el grado de sobresaturación es alto, obtendremos lo que se denomina “nucleación espontánea” generando sulfato amónico cristalino. Al evaporar agua de forma continua en un cristizador, la solución se sobresatura más y más progresivamente. Si esa solución sobresaturada encuentra cristales, tratará de des-saturarse depositando sulfato amónico sobre esos cristales provocando su crecimiento. Si la solución sobresaturada no encuentra un número suficiente de cristales, seguirá sobresaturándose hasta que llega a un punto crítico en el que se produce una nucleación espontánea y se generan finos obteniendo sulfato amónico cristalino.

La cristalización de sulfato amónico (SA) para obtener cristales de Sulfato Granular, mayoritariamente más grandes que los producidos mediante un sistema convencional, requiere la utilización de un tipo de cristizador especialmente adecuado para este fin.

El cristalizador existente en la U-435, dispone de un potente sistema de agitación interior capaz de mantener en suspensión una elevada concentración de cristales, para incrementar el tiempo de estancia de estos en la zona superior del cristalizador, donde se produce la continua evaporación del agua, la consiguiente sobresaturación de la solución de SA y el continuo crecimiento de los cristales presentes, en suspensión.

Al mismo tiempo gracias al permanente movimiento al que se someten los cristales, debido a la fuerte agitación, estos adquieren su forma redondeada característica.

El cristalizador tiene una serie de divisiones o tabiques internos para clasificar las diferentes corrientes en función del tamaño del cristal. De esta forma, la fracción rica en cristales de gran tamaño, se va depositando en el fondo, hacia la salida para la extracción de lodos hacia la centrífuga. La fracción de producto con cristales de menor tamaño, incluidos los “finos”, son aspirados por el agitador interno del cristalizador y conducidos hacia la zona de evaporación para que continúe su crecimiento. A esta corriente se le denomina recirculación interna.

Finalmente, la tercera zona se denomina de sedimentación o reposo, tiene muy poca concentración de sólidos ($\sim 1\%$) ya que la mayor parte han decantado, por su mayor peso, hacia la zona de extracción o de crecimiento. En la parte superior de esta zona aspira una bomba de reciclo, la cual toma la cantidad suficiente de solución saturada con una pequeña fracción de finos. A esta corriente se le denomina recirculación externa.

La corriente de reciclo de solución saturada con finos, se calienta para que al retornar al cristalizador se produzca la necesaria evaporación del agua; pero al mismo tiempo, se trata de un calentamiento de $7-10^{\circ}\text{C}$, adecuado para redisolver los finos. De esta forma no solo se favorece una eficaz separación de los cristales grandes dentro del cristalizador, sino que también se impide la aparición de cristales pequeños, al disponer de un eficaz sistema de eliminación de finos.

Además de la separación de corrientes por tamaño de cristal que permiten las paredes internas del cristalizador, para que el cristal alcance el tamaño adecuado, es necesario que la zona de crecimiento sea lo suficientemente grande como para que los cristales tengan el tiempo de residencia necesario. A tamaños de cristal más grandes, más grande es el cristalizador por lo que otra peculiaridad del sistema de la 435 es el tiempo de residencia medio dentro del cristalizador, más elevado que en otros sistemas de cristalización, para favorecer el mayor crecimiento de los cristales.

Los cristalizadores con agitación interna y paredes de separación, como el de la unidad 433, tienen la peculiaridad de tener una producción cíclica de sulfato amónico granular. Cuando se consigue que haya un cristal muy grande, hay déficit de finos en la zona de evaporación por lo que la solución sobresaturada no encuentra dónde poner el exceso de sulfato amónico que tiene y se genera una nucleación espontánea que llena la zona de evaporación y crecimiento de finos. En ese momento, la producción de sulfato granular baja. A medida que el calentador de la recirculación externa va eliminando finos, el tamaño del cristal va

creciendo hasta que se llega a un máximo en el que deja de haber finos nuevamente en la zona de evaporación y se vuelve a nuclear espontáneamente.

Este comportamiento cíclico de la producción ha tratado de corregirse en la unidad 435 mediante la técnica de sembrado. Esto consiste en introducir en el cristalizador un “slurry” de licor madre con finos de tamaño adecuado provenientes de la criba aguas abajo del secador de la unidad. El caudal de esta alimentación se controlará en función de los análisis obtenidos de granulometría del secador o en un futuro del analizador de partículas localizado en la extracción de lodos. Si la cantidad de finos cae, se adicionará más caudal de sembrado. Si la cantidad de finos aumenta, el caudal de adición de “semilla” se reducirá. El calor a aportar en el sistema para evaporar el agua del sulfato amónico proviene, en la unidad 435, de los propios vapores generados en el cristalizador. Estos vapores son recomprimidos mecánicamente en tres grandes soplantes en serie hasta alcanzar la temperatura y presión adecuadas para dar esos 7-10°C de aumento de temperatura necesarios para la corriente de recirculación externa. Esto quiere decir que, a diferencia que en el caso de la unidad 433, la energía de los vapores generados en el cristalizador no se pierde a la atmósfera al usar agua de refrigeración para condensarlos. Ese calor se emplea, junto con la energía dada por las soplantes, para calentar la corriente de recirculación externa. Esto supone un notable ahorro energético.

Los procesos de cristalización en general requieren que se mantenga una cierta estabilidad de operación para conseguir el estado estacionario o equilibrio entre la formación de nuevos núcleos de cristalización y la extracción de cristales. El cristalizador de U-435, al igual que el de la U-433, es muy sensible a las alteraciones en el proceso, por lo que para rendir la máxima proporción de Sulfato Granular, precisa una casi absoluta constancia respecto a los valores de las variables de proceso.

Asimismo, después de una puesta en marcha, se puede tardar hasta dos días en alcanzar el estado estacionario y por lo tanto la capacidad nominal de producción de Sulfato Granular. En consecuencia, cualquier parada reduce la capacidad máxima de producción de Sulfato Granular en tres o cuatro días adicionales al tiempo de parada.

Descripción del diagrama de flujo de proceso

La alimentación a la unidad procede de los tanques de almacenamiento TK-432-1B/C que reciben la solución de sulfato amónico producida en la unidad de oximación U-421. El caudal de esta alimentación suministrado por las bombas P-432-1A/C/D, queda regulado por la válvula de control LCV-7. Esta válvula tiene como objetivo mantener el nivel de consigna en el depósito de alimentación al cristalizador D-4. Previa entrada de la alimentación fresca al D-4, la solución de sulfato amónico se precalienta con los condensados de proceso en el intercambiador de espiral E-2. Una vez calentada la alimentación fresca, ésta se mezcla en el D-4 con los retornos de licor madre de la unidad. Esta mezcla es aspirada por la bomba de solución P-4 y alimentada a la circulación externa del cristalizador. El caudal de esta alimentación es controlado por la válvula LCV-4 que mantiene el nivel constante de producto en el cristalizador.

El diseño del cristizador R-1 es del tipo evaporador con zona de separación y tubo de recirculación (Draft Tube Baffle ó DTB en inglés). Este tipo está equipado con dos recirculaciones. Es necesaria una recirculación interna para controlar el exceso de saturación y favorecer el crecimiento del cristal. Esto se consigue con la bomba de hélice (o agitador) de flujo axial MX-1 equipada con un variador de frecuencia para ajustar la velocidad adecuada del impulsor. La recirculación externa está forzada por una bomba de hélice de flujo axial P-1. Esta corriente introduce el calor necesario para evaporar el agua en el proceso de cristalización por medio del intercambiador de calor E-1. Como efecto colateral, todos los finos arrastrados con el caudal de la recirculación externa se redisuelven por el incremento de temperatura de la solución después de calentarla en dicho E-1.

El vapor necesario para calentar la recirculación externa en el E-1 se alimenta desde el sistema de recompresión mecánica de vapor. Este sistema lo componen tres soplantes en serie C-1/2/3 que aumentan la presión de los vapores generados en el cristizador. Estos vapores fluyen desde el cristizador hacia el separador de nieblas D-1. Este equipo cuenta en su interior con una malla metálica tupida para que cumpla la función de atrapar el arrastre de gotas finas de solución. El vapor, una vez libre de arrastres, es conducido a los C-1/2/3, donde se comprimen a una presión y un nivel de temperatura superiores. Durante el proceso de compresión, se inyecta condensado de vapor para saturar el vapor y reducir así el recalentamiento del mismo. El vapor ya saturado se alimenta al intercambiador de calor E-1 donde se condensan. Este calor de condensación se transmite al sistema de cristalización.

El condensado de vapor del E-1 se recoge en el tanque D-2 y se bombea con la bomba de condensado de vapor P-3 al intercambiador de calor en espiral E-2 para precalentar la alimentación fresca. A continuación, este mismo condensado se envía al intercambiador de calor de tubo aleteado E-6 perteneciente al sistema de desplumar de los gases de secado. Una vez que se ha utilizado todo el calor posible, el condensado de proceso se descarga al tanque D-6. Estos condensados se alimentan, por medio de la bomba P-7, al colector de agua de lavado de equipos, al colector de aporte a sellos de equipos y el agua sobrante se envía al D-432-11.

Los cristales de sulfato amónico, en suspensión de licor madre, se retiran del sistema del cristizador por medio de la bomba de slurry P-2. Esta bomba alimenta la suspensión al espesador S-1 para obtener un lodo lo suficientemente concentrado en sólidos para que la centrífuga M-1 funcione correctamente. La cantidad de suspensión alimentada está controlada en función de los valores del densímetro DIC-28.

El slurry concentrado obtenido del espesador se descarga por gravedad a la centrífuga M-1 donde se hace la separación final del licor madre y los sólidos. Los cristales húmedos se descargan en el transportador CO-1 que los descarga al sistema de secado.

El licor madre separado en S-1 y M-1 se envía al tanque intermedio D-3. Una parte del material, en una cantidad controlada por la LCV-9, se alimenta al tanque de siembra D-5 y sirve como medio de transporte para el material de siembra.

El resto de la solución del D-3 vuelve por rebose al tanque de solución D-4 donde se mezcla con los cristales finos de la criba S-2.

La solución del tanque de siembra D-5 se mezcla con los cristales de menor tamaño procedentes de la criba S-2 obtenidos del proceso de secado. Esta suspensión se alimenta por medio de la bomba P-5, en una cantidad controlada por el FIC-18, al cristalizador.

Para limitar la cantidad de nitrato amónico (ANA) y de otras impurezas solubles en el licor madre del cristalizador, parte de este licor madre se purga, en una cantidad controlada por el FIC-24, con la bomba P-6 hacia la unidad de fertilizantes líquidos. Para evitar obstrucciones este licor madre se diluye con condensados de proceso. Esta adición está controlada por el FIC-26 relacionado con el FIC-24 con el controlador de ratio FFC-24.

Para eliminar la humedad residual del sulfato amónico tratado en la centrífuga, el cristal es procesado en el secador de lecho fluido M-2. Esta unidad emplea una corriente de aire calentado con vapor de media presión en el intercambiador E-4 para evaporar el agua y una corriente de aire ambiental para refrigerar el producto. Las corrientes de aire caliente y frío son generadas por las soplantes B-1 y B-2 respectivamente. Ambas corrientes entran por la parte baja del secador, manteniendo en suspensión el cristal y abandonan el lecho fluido para pasar por el ciclón S-2 en el caso del aire caliente, y por el ciclón S-3 para el caso del aire frío. La corriente del ciclón S-3, al estar precalentada por el lecho del M-2, se alimenta a la aspiración de B-1 para ahorrar vapor. La corriente del ciclón S-2, una vez eliminados los finos, se alimenta a la torre de lavado T-1. Esta corriente ya libre de arrastres de sulfato amónico es aspirada por la soplante de tiro B-3 para ser descargada a la atmósfera. Previamente, este aire saturado en humedad, se mezcla con la corriente de aire de la soplante B-5 precalentado en el intercambiador E-6 para eliminar la pluma visible de la chimenea.

Una vez secos y enfriados, los cristales se transportan por medio del elevador de canjilones CO-7 a la criba de fraccionamiento triple S-4, donde se separa el cristal mayor de 1,7 mm, la fracción intermedia de 1.2 a 1.7 mm y las finas menores de 1,2 mm.

La fracción gruesa ($> 1,7$ mm) de Ubesol, se transporta con una cinta transportadora CO-435-2 hacia el elevador de canjilones CO-433-3.

Una parte de la fracción intermedia ($> 1,2$ y $< 1,7$ mm), se transporta con un tornillo sin fin CO-435-5 al tanque de siembra D-435-5. La cantidad se controla por peso con el dispositivo de pesado M-435-5. La otra parte de la fracción intermedia se envía mediante la cinta transportadora CO-435-3 al almacén de cristalino.

Una parte de la fracción fina ($< 1,2$ mm) se adiciona también, en caso necesario, al tornillo transportador CO-435-5 mediante el dispositivo de pesado M-435-4. El resto de los finos se transporta con el tornillo transportador CO-435-4 al tanque de solución D-435-4 donde se disuelven en el líquido madre.

Diagrama de flujo del proceso (DFP):

Se adjuntan en las imágenes 18, 19, 20 y 21 los diagramas de flujo de proceso para la referencia del proceso. Los valores de las variables de proceso no son significativos de una carga determinada de la unidad, sino los que había en el momento de la impresión del gráfico.

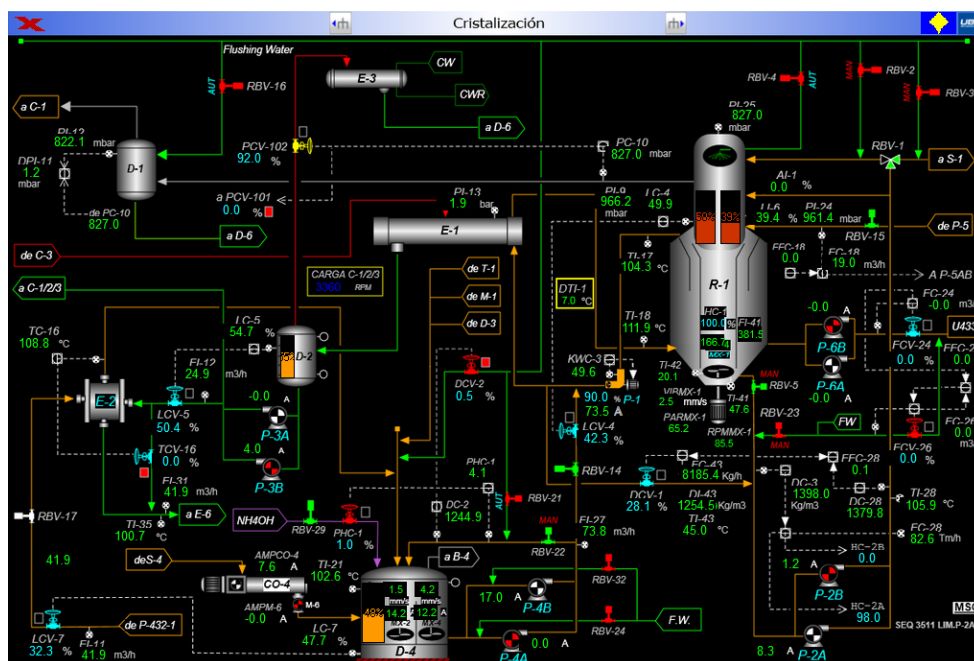


Imagen 18. DFP cristalización.

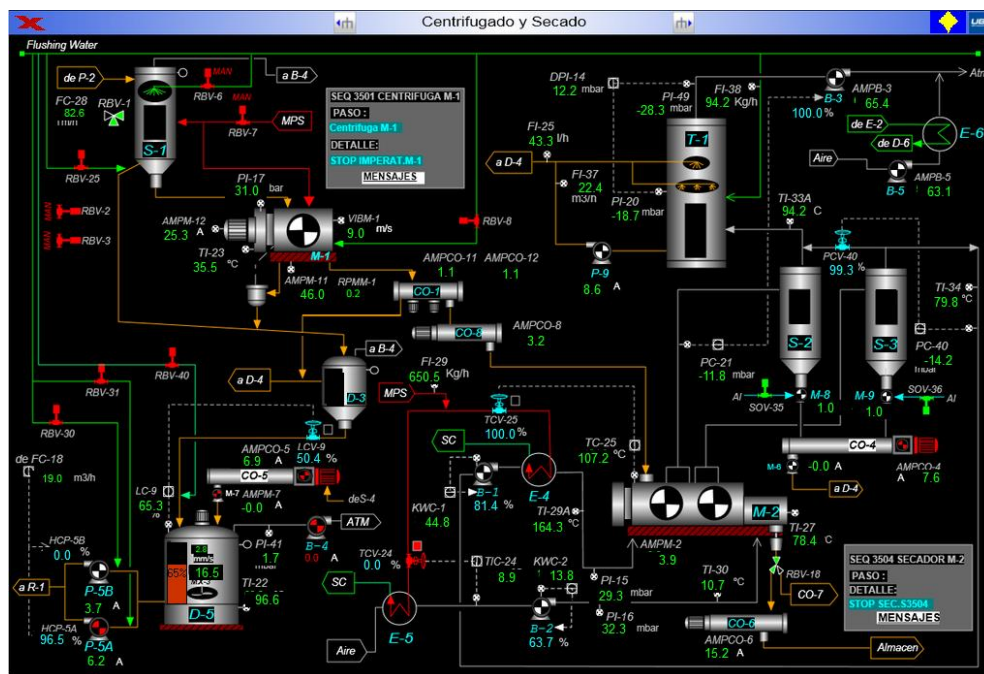


Imagen 19. DFP centrifugado y secado.

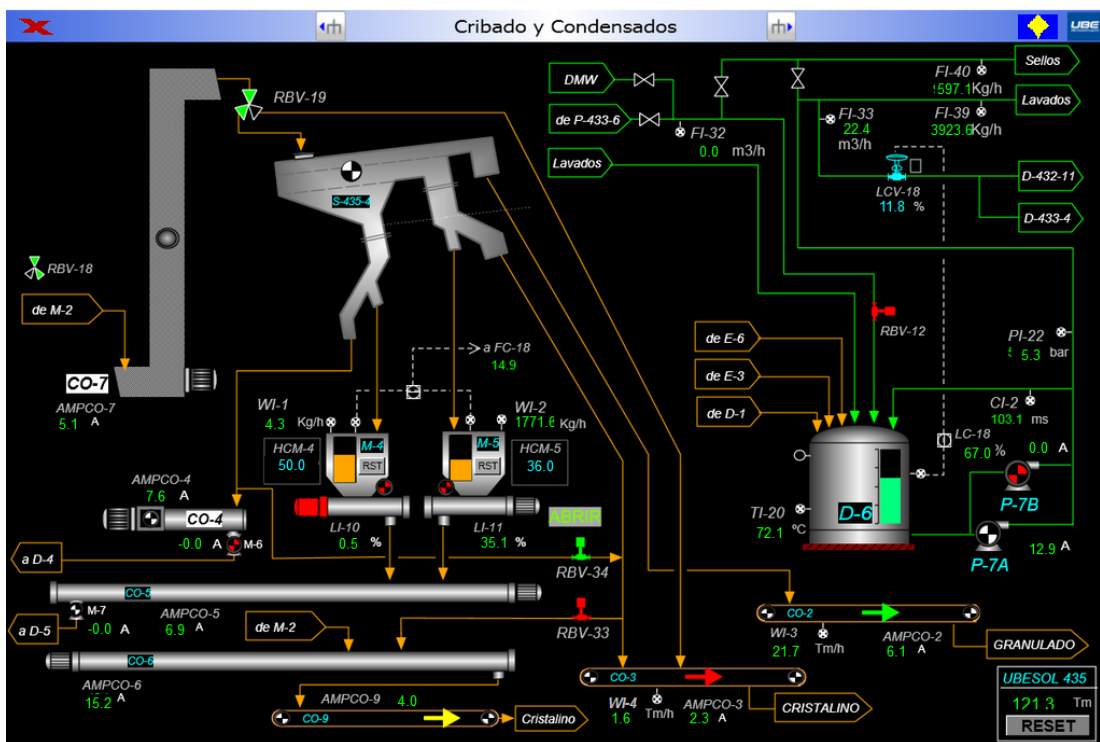


Imagen 20. DFP cribado y condensados.

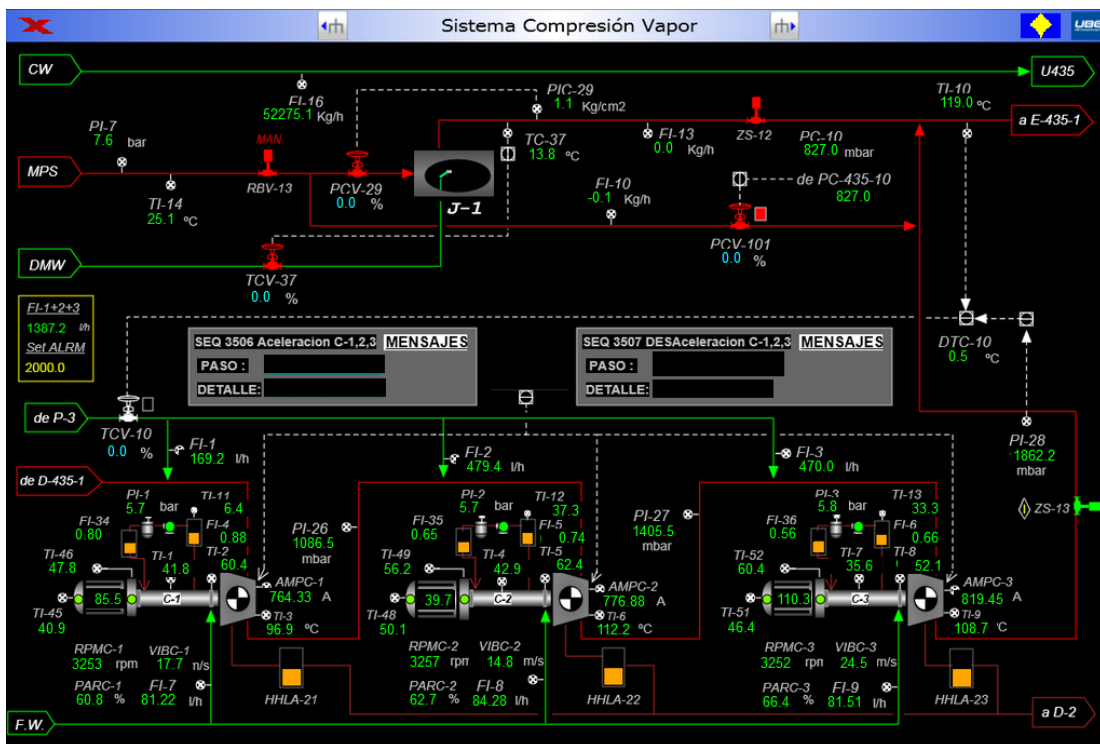


Imagen 21. DFP sistema de compresión de vapor.

8. DESCRIPCIÓN DE LA RED DE REFRIGERACIÓN

8.1 El producto en la red

El producto que circula por el circuito o red de refrigeración es el agua. El agua es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. El agua es usada como transmisora de calor en diversos sistemas de intercambio de calor, debido a su abundancia y por su elevada capacidad calorífica, que le permite obtener grandes cantidades de energía calorífica sin que cambie en exceso su temperatura. Una de las principales desventajas del agua sin tratamiento es que es corrosivo para muchos metales, como el acero y el cobre.

En este caso la sustancia que circulará por el circuito se encontrará en todo momento en estado líquido y servirá como fluido para el enfriamiento de intercambiadores y utilización en eyectores y de secadores centrífugos.

Sobre el agua del circuito se deberán seguir los siguientes controles:

pH: Mín. 7,2; Máx.7,6

Dureza: Máx. 1500 ppm como CaCO_3

Hierro: Máx. 3 ppm como Fe

Cloruros: 250-300ppm Cl

Contaje microbiológico total: Máx. 5×10 células/c.c

8.2 Red de refrigeración

La zona sur, concretamente la red que está conectada a las unidades U-433 y U-435 (bloqueada para las unidades U-431 y U-432), recibe agua de refrigeración de la torre de refrigeración E-1112-2A.

En la siguiente imagen se puede distinguir como se distribuye el conexionado de las unidades que suministra la torre de refrigeración, así como la bomba principal de impulsión y las líneas de entrada y retorno de agua a cada unidad:

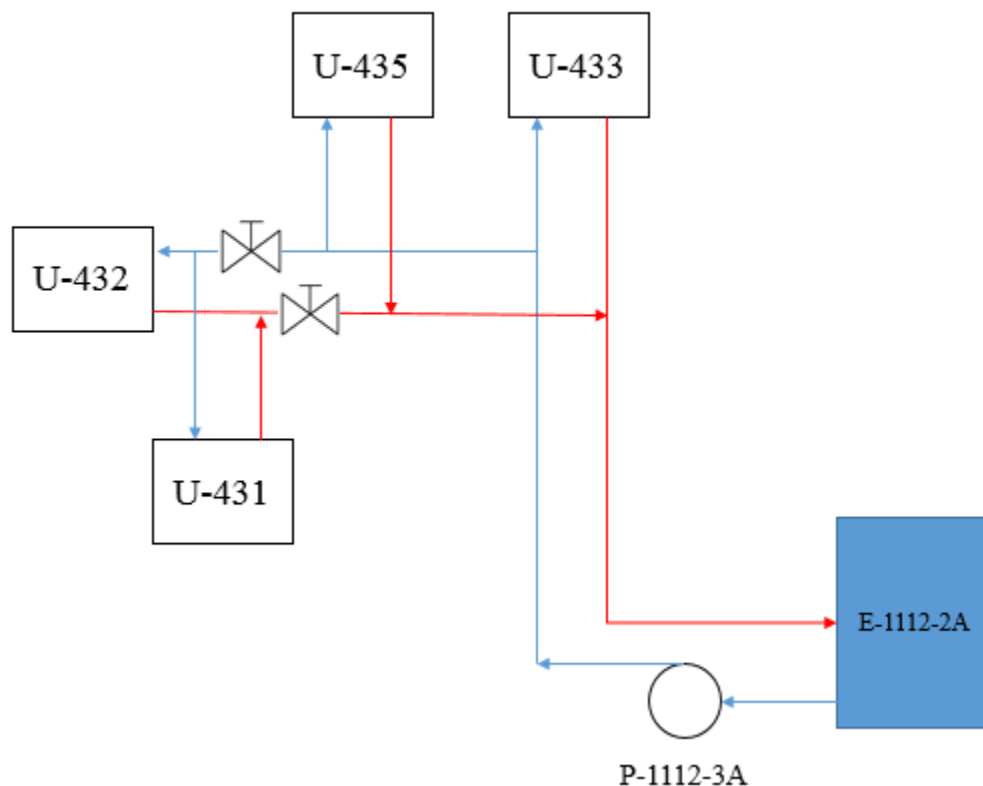


Imagen 22. Esquema de la red.

La torre de refrigeración E-1112-2A, tiene por objeto atender a la demanda de agua de refrigeración de las siguientes unidades:

U-431: neutralización con Amoníaco gas (o solución amoniacal) del Ácido Sulfúrico total contenido en el Sulfato de Lactama proveniente de U-422, separándose por una parte Aceite de Lactama y por otra, Sulfato Amónico, que se cristaliza y se comercializa directamente como producto final.

U-432: se efectúa la cristalización y el secado del sulfato amónico (en adelante SA). Los cristales obtenidos se envían a la Unidad de Almacenamiento de Sulfato Amónico (U-434) para su posterior distribución a granel, en sacos o big bags.

El SA llega a la Unidad en forma de solución acuosa, procedente de la Unidad de Oximación (U-421). Además, es posible la síntesis de sulfato amónico a partir de la alimentación de ácido sulfúrico y amoníaco líquido a la unidad.

U-433: cristalización, secado y separación de cristales de sulfato amónico en dos fracciones de diferente tamaño, las cuales se envían al almacén de Sulfato o unidad 434, para su posterior comercialización.

U-435: cristalización, secado y separación de cristales de sulfato amónico en dos fracciones de diferente tamaño, las cuales se envían al almacén de Sulfato o unidad 434, para su posterior comercialización.

La U-435 se diferencia de la U-433 existente en el fluido calefactor.

8.3 Torre de refrigeración

La unidad U-1112 comprende dos circuitos de agua de refrigeración distintos pero comunicables entre sí (particularmente por razones de mantenimiento), a través de las impulsiones de las bombas P-1112-1A/B y P-1112-3A, así como de los retornos de los circuitos.

La torre de refrigeración E-1112-2A está prevista para atender principalmente las necesidades de agua de refrigeración (CW) de las unidades de cristalización de Sulfato Amónico Granular, U-433 y U-435.

Actualmente el circuito de agua de refrigeración de la U-1112 no alimenta a las unidades U-431 y U-432 ya que las válvulas presentes en la imagen 22 están cerradas, pero existe la posibilidad de conexión con el circuito de la U-1012

Intercambio de calor:

El enfriamiento del agua (en la torre de refrigeración) se consigue aprovechando el calor latente de vaporización de parte del agua que se recircula, que pasa a saturar el aire ascendente por la torre. También el calor sensible, correspondiente al calentamiento del aire, favorece la refrigeración del agua.

Debido a que en el circuito de agua de refrigeración se producen unas pérdidas por diferentes causas, es necesario un aporte continuo de agua fresca al circuito. Las pérdidas de agua se producen por evaporación, arrastres, drenaje y alguna fuga en el circuito.

Las pérdidas por evaporación corresponden a la cantidad de agua que se pierde como consecuencia del propio enfriamiento (1% del total por cada 5.5°C o 10°F de enfriamiento). Las pérdidas por arrastres son las motivadas por arrastre mecánico del aire, y suponen aproximadamente del 0.05 al 0.2% del total de agua circulante.

Debido a las pérdidas por evaporación antes mencionadas, el agua del circuito se va concentrando en los productos sólidos que lleva el agua de aporte, así como los que se le agregan en el tratamiento químico. Ello obliga a que, una vez alcanzada la concentración máxima aconsejable, haya que drenar agua continuamente a fin de mantener el circuito equilibrado entre la cantidad de sólidos que llegan y los que se drenan. A la relación existente entre la concentración de cloruros en el agua de circulación y en el agua de aporte se le llama "Ciclos de Concentración".

$$\text{Ciclos de concentración} = \frac{\text{Concentración salina en el agua recirculada}}{\text{Concentración salina en el agua de aporte}}$$

Variables del proceso:

Las variables principales a tener en cuenta en el diseño de una torre de refrigeración son:

- A. Temperatura del agua de retorno.
- B. Grado de humedad relativa del aire.
- C. Temperatura del aire.
- D. Cantidad de aire.

A. Temperatura del agua de retorno:

Esta variable depende del calor cedido en los puntos de consumo del proceso al agua de refrigeración y de la temperatura de esta a la salida de la torre de refrigeración, que a su vez es función del resto de las variables mencionadas.

B. Grado de humedad relativa del aire:

Es la principal variable del proceso y prácticamente de ella depende el grado de enfriamiento de la torre de refrigeración. Cuanto menor sea la humedad relativa del aire, mayor será la cantidad de agua evaporada, y por tanto mayor el calor latente de vaporización que ha de aportar el agua de circulación, con el consiguiente mayor enfriamiento.

C. Temperatura del aire:

Dado el bajo calor específico del aire, tiene poca influencia sobre el enfriamiento del agua el incremento de temperatura que experimenta el aire en su ascensión. Naturalmente, a menor temperatura ambiente, la refrigeración será mayor.

D. Cantidad de aire:

La capacidad de enfriamiento de la torre de refrigeración está en razón directa a la cantidad de aire ascendente. Es obvio que a mayor cantidad de aire, mayor será la cantidad de agua

evaporada para su saturación, y por tanto mayor el enfriamiento. La cantidad de aire depende de la altura de la torre de refrigeración y de la capacidad del ventilador o soplante, en el caso de torres de tiro forzado. Esta variable es importante para el Operador, porque es sobre la que deberá actuar, ya que las variables anteriores están determinadas por el proceso, en el caso de la temperatura del agua de retorno, y por las condiciones climáticas en el caso de la humedad relativa y temperaturas del aire.

Clases de torres de refrigeración

Existen tres tipos de torres de refrigeración según como sea el tiro:

A. Natural

B. Forzado

C. Inducido

- Torre de tiro natural

Constan de una gran estructura cilíndrica o troncocónica, construida de madera o de hormigón, rellena interiormente con emparrillados de madera y una gran balsa receptora en la parte inferior.

El agua cae por la parte superior y gracias al relleno se distribuye en forma de lluvia fina a lo largo de toda la torre. El aire sube en contracorriente con el agua, gracias al tiro natural que se produce por la menor densidad de los gases del interior respecto al aire exterior, motivado por la mayor temperatura de la torre y la formación de vapores de agua.

- Torre de tiro forzado

Consta, como la anterior, de una estructura de madera o de hormigón, generalmente prismática en este caso, también con relleno de madera, y la balsa inferior

La diferencia principal es que el aire es aportado por una soplante, o ventilador situado en la zona inferior, proporcionando una corriente de aire ascendente superior a la del tiro natural.

- Torre de tiro inducido

En este tipo de torre, el aire es también aportado mecánicamente y solo se diferencia del anterior en que se lleva a cabo por medio de unos aspiradores, situados en la parte superior. El aire pasa a la torre por aperturas situadas a lo largo de la parte inferior de una o dos de sus paredes.

Tratamiento químico:

Todas las pérdidas de CW en el circuito han de reponerse con agua fresca sobre las balsas de las torres.

- Tratamiento antiincrustante

La capacidad incrustante de un agua depende principalmente de la concentración de iones calcio y magnesio. Otros factores fisicoquímicos como la presencia de ión bicarbonato, la temperatura del agua y el pH determinan la posibilidad de formación de incrustaciones al influir en el equilibrio químico de los iones disueltos. Cuando alguno de esos factores cambia, la tendencia incrustante del agua también cambia.

Las incrustaciones más comunes están formadas por: carbonato de calcio, fosfato de calcio, sales de magnesio y sílice. La mayoría de sales llegan a ser más solubles cuando se incrementa la temperatura. Sin embargo, algunas sales como el carbonato de calcio se hacen menos solubles cuando se incrementa la temperatura.

Por otro lado, un cambio en el pH afecta de forma muy importante la formación de incrustaciones. Por ejemplo, cuando el pH aumenta, el carbonato de calcio decrece en solubilidad y se deposita. Algunos materiales tales como la sílice (SiO_2), sin embargo, son menos solubles a pHs bajos.

El agua municipal no se puede utilizar directamente como agua de refrigeración, ya que al someterse a altas temperaturas en el interior de los intercambiadores de calor de las diferentes unidades, precipitaría el carbonato cálcico sobre la superficie en contacto con el agua reduciéndose de esta forma la transferencia de calor a través de esa superficie.

Para evitar las incrustaciones, es necesario someter al agua en el circuito a un tratamiento químico adecuado que incluye:

- Adición de ácido sulfúrico: La adición de ácido sulfúrico transforma los bicarbonatos en sulfatos, previniendo la precipitación como carbonato de calcio. Por otro lado, la concentración del sistema según el número de ciclos incrementa el número de sales, lo que a su vez incrementa el pH del agua recirculante y su alcalinidad. Para evitar pH altos que favorezcan la incrustación de sales, se añade ácido sulfúrico a la balsa. Los valores óptimos en el pH de trabajo se sitúan entre 7,2-7,5. Por debajo de 7,2 el agua se vuelve corrosiva, mientras que por encima de 7,5 se favorece la precipitación de sales.
- Tratamiento químico inhibidor: se añade en régimen continuo unas 30 ppm de un inhibidor de incrustación de nombre 3DT120, especialmente indicado para trabajar con sistemas de alta dureza. Este compuesto permite el control de la incrustación y ensuciamiento de las sales más comunes, del hierro y la deposición de sólidos suspendidos.

También resulta fundamental el control de los ciclos de concentración: mediante el control de la dureza total del agua expresada como ppm's de carbonato cálcico. El control del número de ciclos de concentración se realiza a través de la determinación analítica de la concentración de carbonato cálcico ó de la llamada "dureza" del agua, ó indirectamente a través de la conductividad. Esto se puede determinar a través de un análisis de laboratorio ó a través del conductivímetro instalado en la línea de agua.

Se recomienda no superar los 1500 ppm's de dureza. Un número de ciclos de concentración elevado (superior a 3) implica riesgo de incrustaciones en el circuito por aumento excesivo de la concentración de sales en el agua circulante. Un número de ciclos reducido (menor de 2.5), lo que sólo puede conseguirse a través de un mayor drenaje o purga de agua del circuito, a compensar por tanto con mayor agua de aporte, implica lógicamente una mayor pérdida del sistema o, lo que es lo mismo, un mayor consumo de agua fresca.

- Tratamiento inhibidor de la corrosión

La inhibición de la corrosión es esencial para el agua de las torres de enfriamiento. El oxígeno disuelto en el agua contribuye a que se produzcan óxidos metálicos, mientras que por otro lado los sólidos disueltos pueden afectar la reacción de corrosión por incremento de la conductividad eléctrica del agua. A más altas concentraciones de sólidos disueltos, la conductividad del agua es más alta y la probabilidad de corrosión es mayor. Los cloruros y sulfatos disueltos (cuya formación también se induce al añadir ácido sulfúrico como se explicaba en el apartado anterior) son particularmente corrosivos.

Como parte del tratamiento inhibidor de la corrosión se utilizan en continuo 30 ppm de un producto denominado 3DT129 formulado a partir de zinc, ortofosfatos y fosfonatos. Este aditivo además lleva asociada una molécula fluorescente que permite el control de la aditivación en el agua por la unidad TRASAR de Nalco.

- Tratamiento antimicrobiano

La localización abierta de las torres, la existencia de temperaturas moderadas en el agua, así como la disponibilidad de **oxígeno** y dióxido de carbono durante la aireación, son factores que contribuyen al crecimiento microbiano (principalmente bacterias aerobias y *Legionella*) en las torres de refrigeración.

Un crecimiento incontrolado de microorganismos produciría problemas de ensuciamiento y obstrucción de intercambiadores y corrosión.

La población microbiana se mantiene controlada mediante adición combinada de un biocida oxidante como es el hipoclorito de sodio al 15 % y un biodispersante denominado N-3434. Este último compuesto es básicamente una solución acuosa compuesta por sales de bromo que dificulta la adherencia de las algas a las superficies. En su forma pura no tiene ningún poder biocida, pero al mezclarse en una relación 1:4 con el hipoclorito sódico se origina el hipobromito sódico, el cual cuenta con un mayor poder biocida.

Se considera que un residual de 0,5 ppm de cloro libre en el agua de retorno a la torre es suficiente como para mantener limpio el sistema, pese a que puntualmente pueden requerirse valores más altos, o el empleo de biocidas específicos. El residual de cloro se

controla a través de un analizador de cloro en línea, Hatch CL-17, que se compone de un sistema robotizado que analiza por colometría el cloro libre de la muestra, realizando un ciclo cada 2,5 minutos.

Bases de diseño:

La torre de refrigeración montadas en la zona Sur, E-1112-2A es de tiro inducido, con estructura de hormigón y relleno de plástico. Consta de un solo cuerpo con un ventilador y un colector de distribución de agua. En la parte inferior tiene ubicado un pozo de aspiración por donde aspira la bomba.

El agua procedente de los consumidores de calor cae por la parte superior de la torre y gracias al relleno se distribuye en forma de gotas finas de lluvia. Seguidamente el aire circula a contracorriente con el agua, gracias al aspirador situado a la parte superior de la torre que hace que el agua se enfríe. A continuación, el agua refrigerada irá a parar al pozo de aspiración.

La torre de refrigeración E-1112-2A tiene una capacidad de refrigeración de diseño de 12.000.000 kcal/h.

La demanda máxima previsible en la U-433 es de 11.000.000 kcal/h., este consumo puede ser más reducido en función del rendimiento y condiciones definitivas de operación que se establezcan para la U-433. En el caso más favorable podría reducirse la demanda hasta 9.000.000 kcal/h, quedando un excedente de capacidad de refrigeración disponible.

En la imagen 23 aparece un esquema de la red de refrigeración 1112 y la distribución del pozo de aspiración.

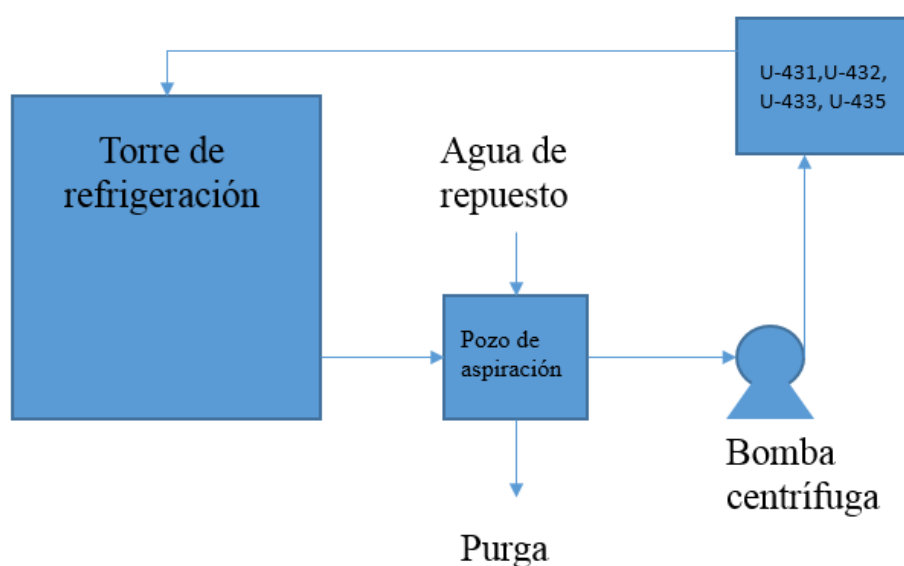


Imagen 23. Esquema de la red 1112.

Descripción del diagrama de flujo

En la imagen 24 adjunta el Diagrama de Flujo de Proceso para la referencia del proceso. Los valores de las variables de proceso no son significativos de una carga determinada de la unidad, sino los que había en el momento de la impresión del gráfico.

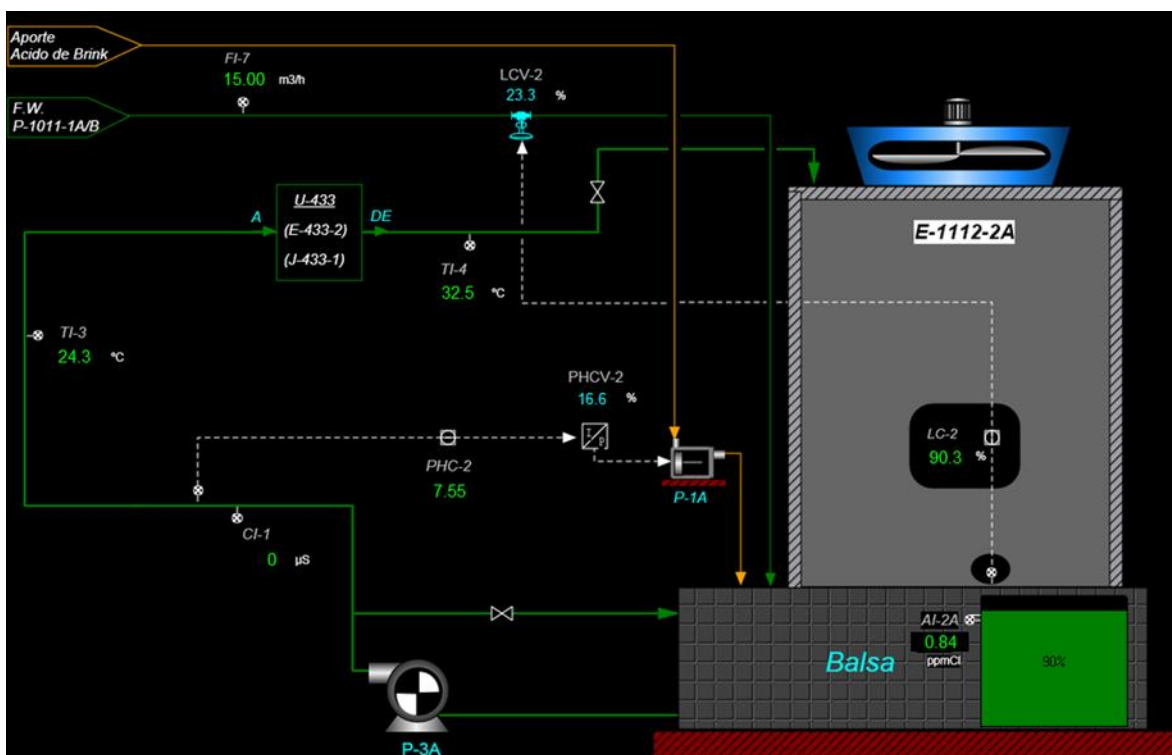


Imagen 24. DFP de la torre de refrigeración.

8.4 Equipo de bombeo

El equipo de bombeo está formado por una bomba centrífuga la cual es la encargada de distribuir el agua situada en el pozo de aspiración hasta los equipos consumidores.

La bomba tiene su punto óptimo de funcionamiento en la impulsión de 1200 m³/h.

A continuación, se observa la imagen 25 de las características de la bomba centrífuga, en concreto se puede ver en el eje de abscisas el caudal en m³/h que la bomba es capaz de suministrar y en el eje de ordenadas la altura manométrica en metros, es decir el desnivel existente entre el nivel mínimo de aspiración y el punto más alto de impulsión.

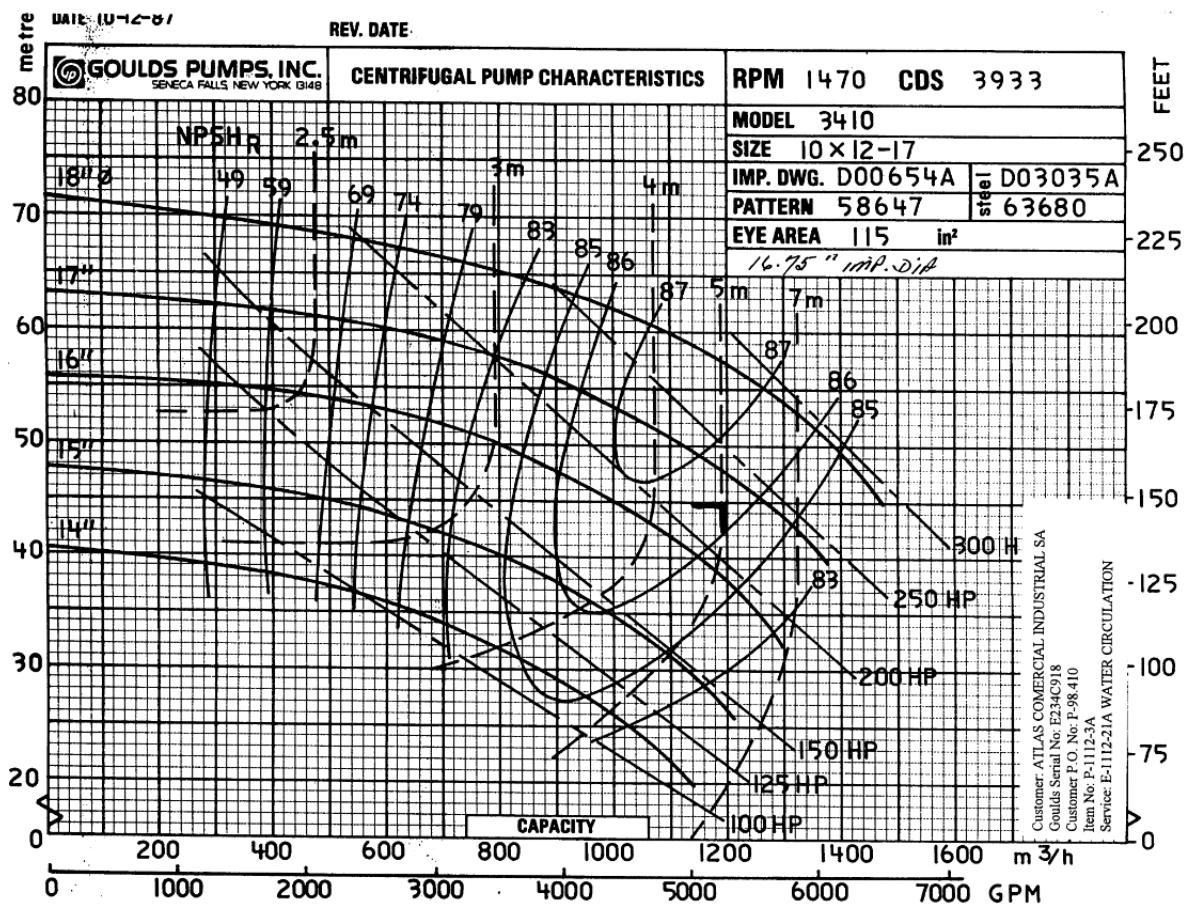


Imagen 25. Curva característica de la bomba.

8.5 Equipos a refrigerar

A continuación, se muestra para cada unidad una tabla con todos los consumidores del agua de refrigeración, el código de referencia de la empresa y su función dentro de la empresa, además, tras estas tablas hay un esquema en el que se puede ver la distribución de dichos consumidores. Así como las líneas de entrada y salida del agua.

- U-431

Los equipos que consumen agua de refrigeración en la unidad U-431 son:

UNIDAD		CONSUMIDORES	FUNCIÓN
U-431	Neutralización con Amoníaco gas (o solución amoniacal) del Ácido Sulfúrico total contenido en el Sulfato de Lactama	J-431-1	Condensación de los vapores de proceso procedentes del reactor 2

Tabla 1. Características de la unidad 431.

En la imagen 26 se puede ver un esquema de la distribución del consumidor de la unidad 431.

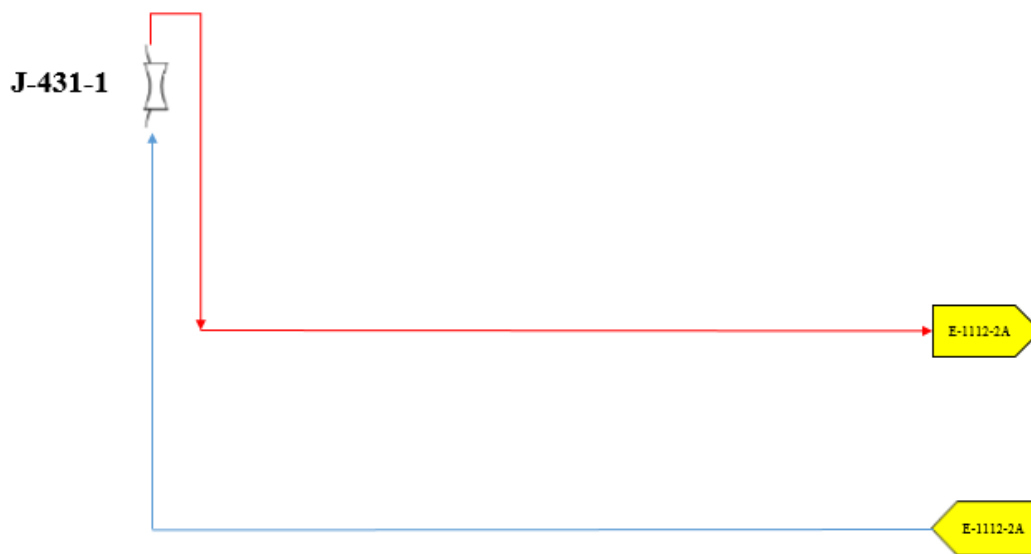


Imagen 26. Esquema del eyector de la unidad 431.

- U-432

Los equipos que consumen agua de refrigeración en la unidad U-432 son:

UNIDAD		CONSUMIDORES	FUNCIÓN
U-432	Cristalización y secado del sulfato amónico	E-432-12	Condensado del Cristalizador II (antiguo E-423-8)

Tabla 2. Características de la unidad 432.

En la imagen 27 se puede ver un esquema de la distribución del consumidor de la unidad 432.

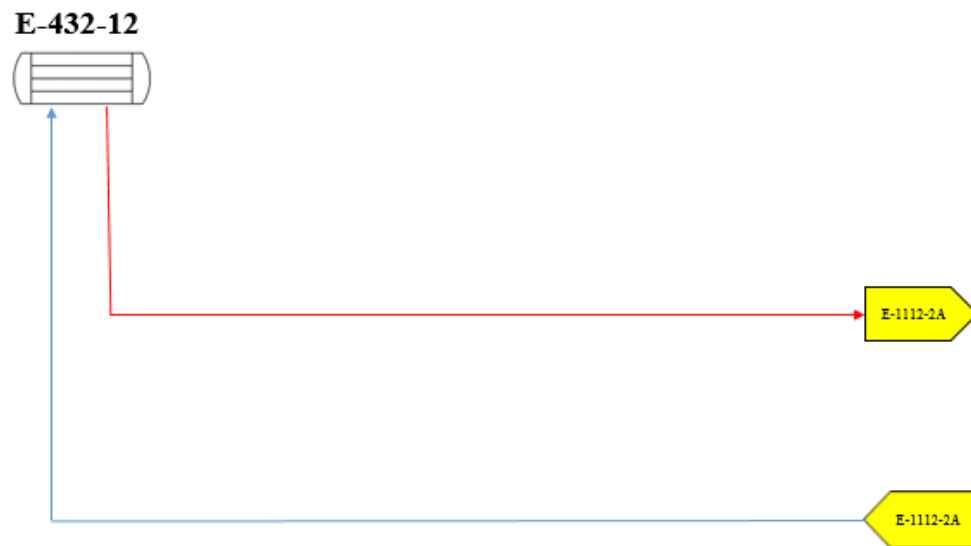


Imagen 27. Esquema del intercambiador de la unidad 432.

- U-433

Los equipos que consumen agua de refrigeración en la unidad U-433 son:

UNIDAD		CONSUMIDORES	FUNCIÓN
U-433	Cristalización, secado y separación de cristales de sulfato amónico en dos fracciones de diferente tamaño	J-433-1A	Expulsión de un fluido a gran velocidad mediante la corriente de otro fluido.
		J-433-1B	Expulsión de un fluido a gran velocidad mediante la corriente de otro fluido.
		M-433-1	Separación en régimen continuo de los cristales de Sulfato de sus aguas madres de cristalización.

Tabla 3. Características de la unidad 433.

En la imagen 28 se puede ver un esquema de la distribución del consumidor de la unidad 433.

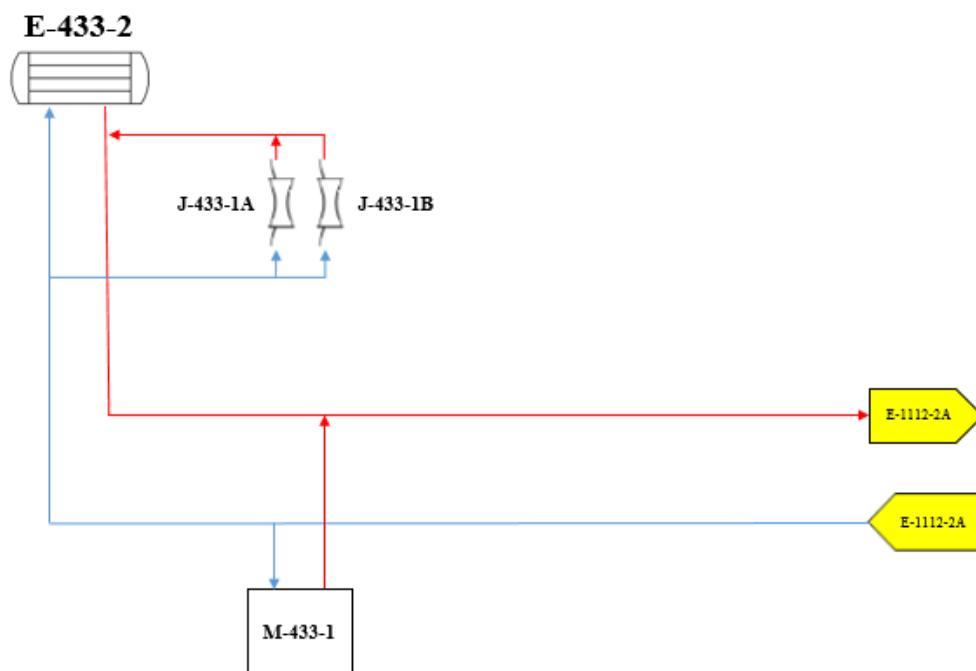


Imagen 28. Esquema del intercambiador de la unidad 433.

- U-435

Los equipos que consumen agua de refrigeración en la unidad U-435 son:

UNIDAD		CONSUMIDORES	FUNCIÓN
U-435	cristalización, secado y separación de cristales de sulfato amónico en dos fracciones de diferente tamaño	E-435-3	Condensador purga D-435-2

Tabla 4. Características de la unidad 435.

En la imagen 29 se puede ver un esquema de la distribución del consumidor de la unidad 435.

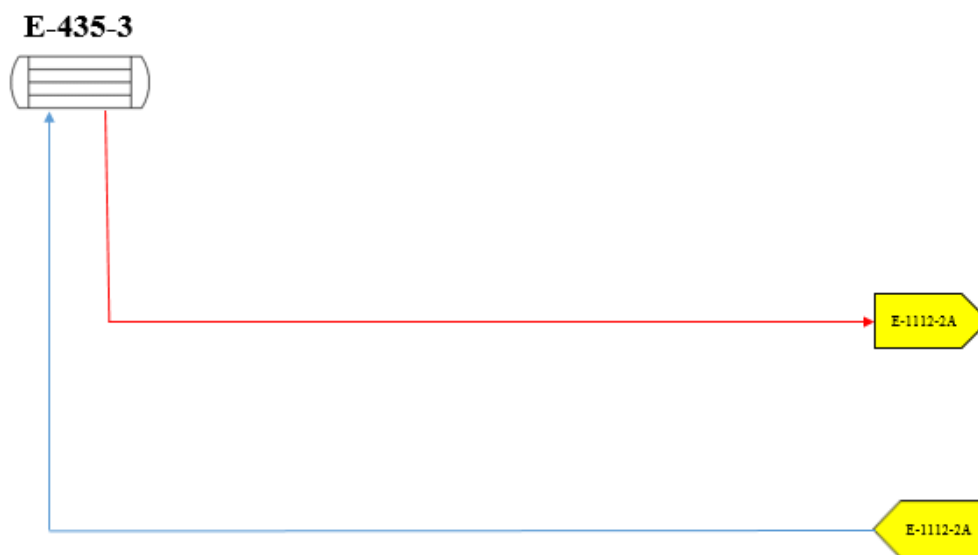


Imagen 29. Esquema del intercambiador de la unidad 435.

En la imagen 30 se observan todos los equipos en conjunto, para poder ver la distribución de los consumidores.

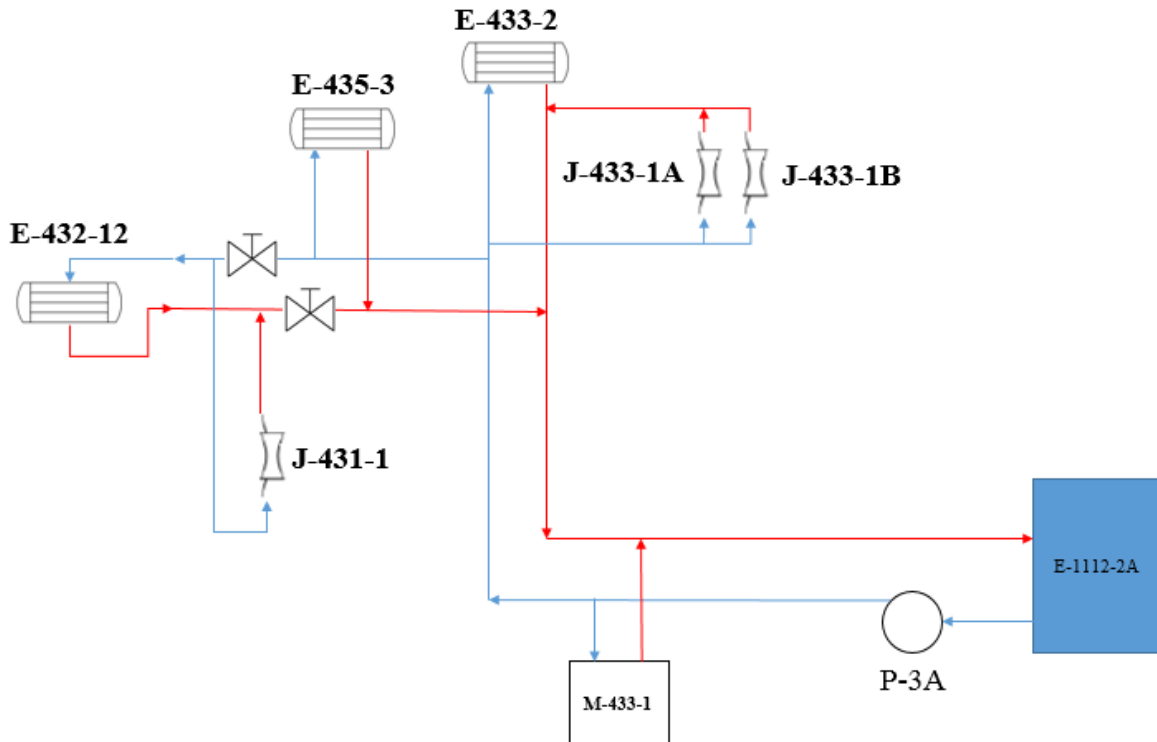


Imagen 30. Esquema de la distribución de todos los equipos.

9. SIMULACIÓN

A continuación, se va a introducir una breve explicación de la simulación, en el apartado siguiente “Cálculos Justificativos” se puede ver una explicación más detallada de todo el proceso seguido para realizar la simulación.

Para poder realizar el estudio de la red 1112 ha sido necesario simular todo el circuito de agua de refrigeración que va a la unidad general de Sulfato Amónico, para ello a partir de los P&ID de cada unidad de la zona se han recopilado los isométricos y se han ido introduciendo al programa de simulación Fluid Flow.

Una vez introducidas todas las líneas y equipos era necesario introducir datos a los equipos. En un principio se completaron los equipos con las características de diseño, pero se observó que la pérdida de carga en cada equipo no coincidía con la pérdida de carga real o medida en campo, por lo que se tuvo que ajustar la simulación cambiando consumidores de agua de refrigeración por resistencias, en las cuales el programa permite introducir una curva que representa el incremento de presión en función del caudal, ajustando más así la simulación del circuito. Para ello, ha hecho falta la medición en planta de presiones en los equipos.

La simulación se realiza tanto para la red 1112 con los equipos E-432-12 y J-431-1 conectados y sin conectar.

10. SITUACIÓN ACTUAL

En las imágenes 31 y 32 se puede ver la situación actual de presión del agua de refrigeración de cada unidad y de las líneas principales. Estos datos corresponden a los valores medidos en planta, con un manómetro.

En nuestro caso sólo se pudieron medir presiones para la configuración de la red 1112 con los dos equipos conectados. Hay que tener en consideración que las válvulas presentes en los siguientes esquemas están completamente abiertas, por lo que en los equipos E-432-12 y en el J-431-1 habrá presiones y caudales.

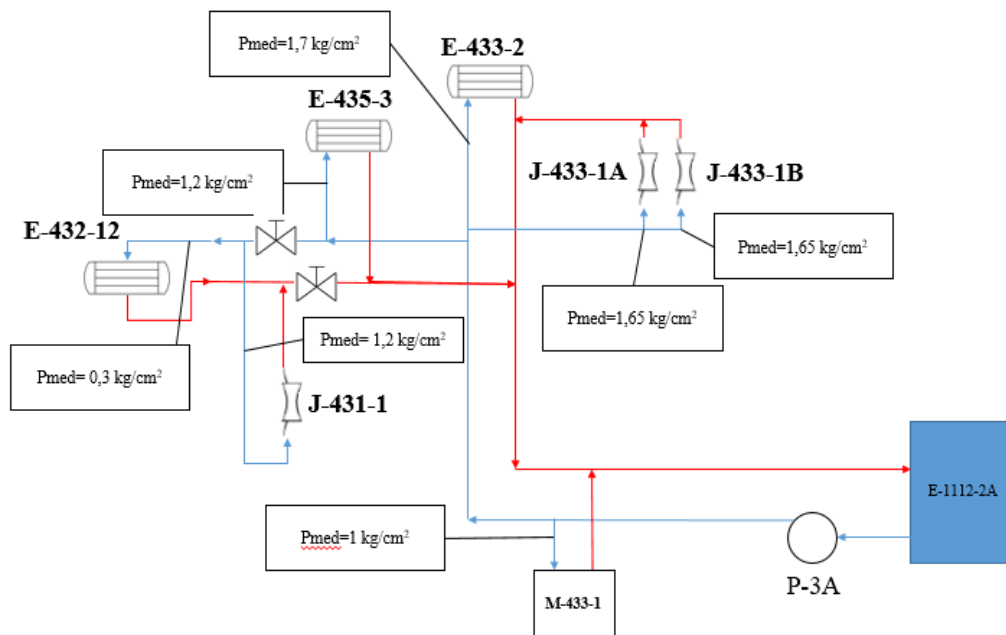


Imagen 31. Esquema con presiones de impulsión en los equipos.

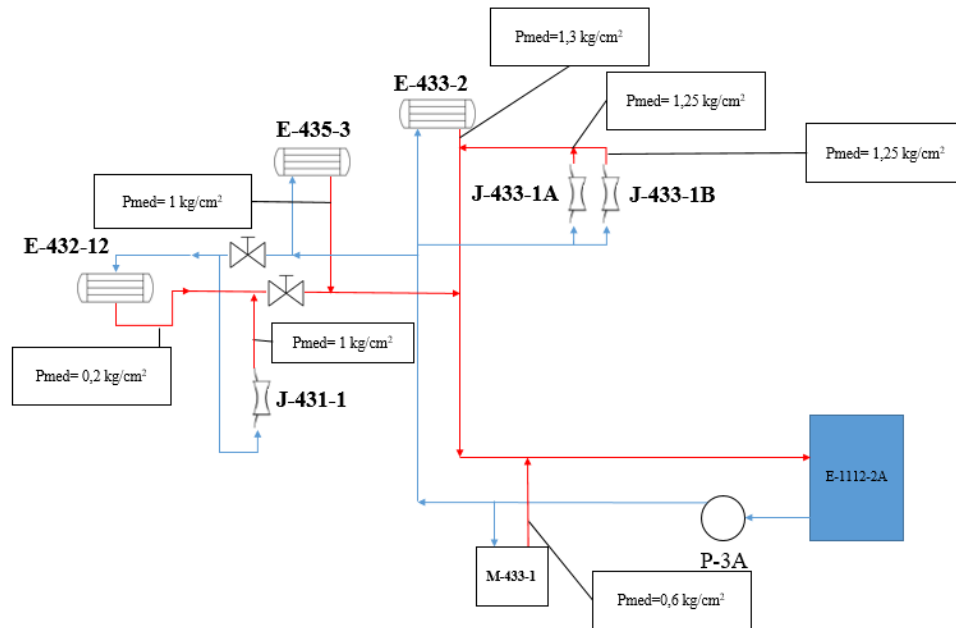


Imagen 32. Esquema con presiones de retorno en los equipos.

En la Imagen 33 se muestran las pérdidas de carga de cada equipo reales y las pérdidas de carga de cada equipo en la simulación.

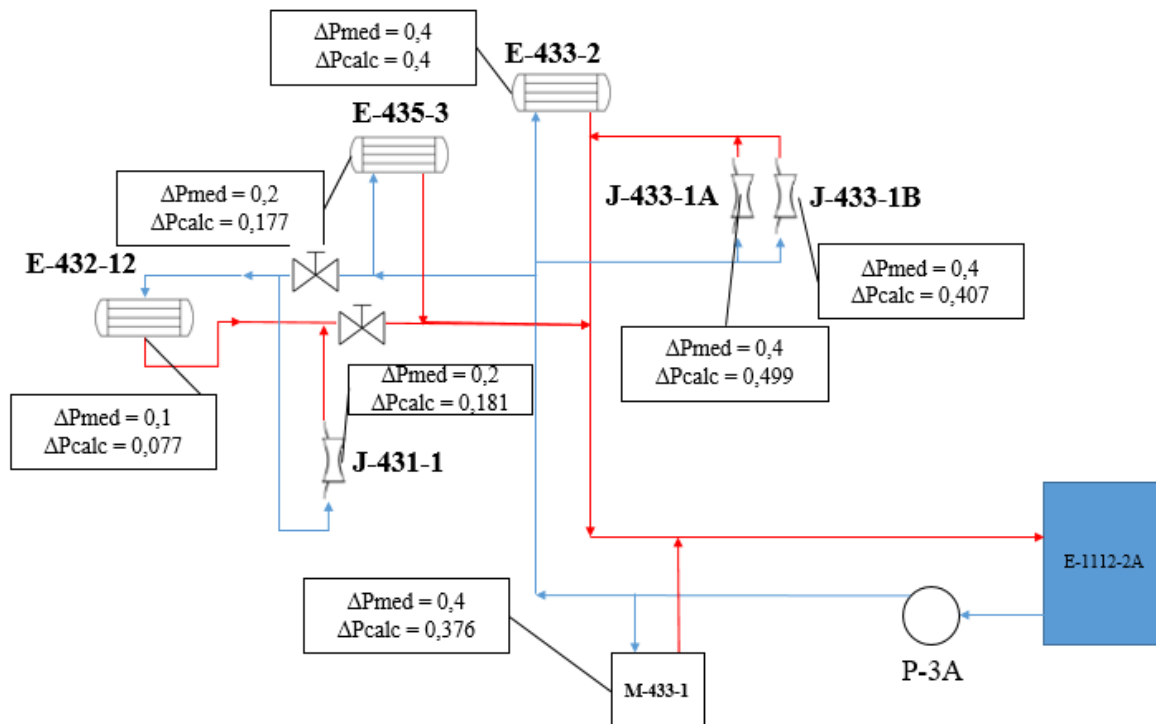


Imagen 33. Pérdidas de carga medidas y simuladas en cada equipo.

11. PROBLEMÁTICAS

A continuación, se van a explicar los principales problemas que aparecen en el circuito de refrigeración de la unidad 1112.

La bomba P3A, bomba centrífuga cuya función es la de distribuir agua a las unidades, en su punto de funcionamiento tiene una válvula de regulación que está casi cerrada por completo, lo cual nos indica que se regula el caudal de impulsión a la unidad U-433 y U-435. Esta regulación de caudal por medio de la válvula nos indica que la bomba se encuentra sobredimensionada, ya que no todo el caudal que la bomba puede impulsar lo necesita la unidad U-433 y la U-435.

Además, cabe la posibilidad de que pare la bomba centrífuga ante cualquier fallo de la misma, por lo que es conveniente evitarlo ya que supone el no funcionamiento de la red 1112 y por consiguiente supone la no producción, acción que repercute negativamente en aspectos económicos.

12. ANÁLISIS DE LAS SITUACIONES

Como se ha comentado anteriormente en el circuito de refrigeración se pueden dar dos situaciones, que el circuito tenga conectados los equipos E-432-12 y J-431-1 o que no los tenga conectados.

A continuación, se van a estudiar las dos situaciones y se plantearán ventajas e inconvenientes de cada una.

12.1 Red sin los equipos J-431-1 y E-432-12

- Problema

Teniendo la red de refrigeración sin estos dos equipos conectados la bomba centrífuga encargada de impulsar el agua hacia los equipos consumidores presenta un sobredimensionado.

- Justificación

Se sabe que en el funcionamiento real del circuito la válvula posterior a la bomba de impulsión está un 30% abierta (70% cerrada), acción que determina que la bomba es capaz de impulsar mucho más caudal del necesario.

En la tabla 5 se observan las presiones y caudales de impulsión para la situación real y para la simulada.

SITUACIÓN	Válvula	Presión impulsión	Caudal impulsión
Real	30 % abierta	3,9 kg/cm ²	1335 m ³ /h
Simulada	30 % abierta	3,93 kg/cm ²	1335,82 m ³ /h

Tabla 5. Presiones y caudales para la situación real y para la simulación.

- Punto de funcionamiento

Por medio de la simulación se ha podido determinar el punto de funcionamiento de la bomba.

En la imagen 33 se puede observar donde iría el punto de funcionamiento de la bomba. Cabe destacar que el punto sería aproximado ya que en el programa solo dispone de puntos de funcionamiento para caudales de hasta 1300 m³/h.

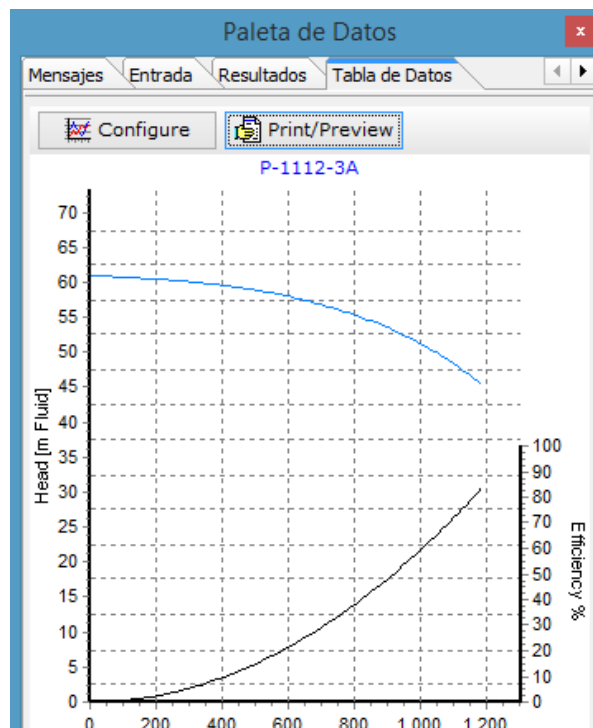


Imagen 34. Punto de funcionamiento de la bomba.

- Ventajas e inconvenientes

En la tabla 6 se muestran las ventajas e inconvenientes de usar la situación en la que en la red 1112 no estén conectados los equipos E-432-12 y J-431-1.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de energía menor con respecto a la red 1112 con los equipos conectados. Ahorro energético. - Coste de energía al año menor con respecto a la red 1112 con los equipos conectados. Ahorro económico. - En la red 1112 la torre de refrigeración con menos carga o 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida energética debido al no funcionamiento de la bomba en su punto óptimo. - Pérdida económica debido a que la bomba está gastando más energía. - Posible problema de si se para la bomba se para sulfato. Conllevaría elevadas pérdidas económicas.

<p>menos temperatura de retorno será capaz de mejorar el enfriamiento. Mejor rendimiento la torre de refrigeración.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se carga más la red 1012, ya que tiene dos equipos más. La temperatura de retorno del 1012 empeoraría (le añades dos equipos más que aportan calor al circuito- la T de vuelta será más elevada). - En la red 1012 la torre de refrigeración con más carga o más temperatura de retorno no será capaz de mejorar el enfriamiento. Peor rendimiento la torre de refrigeración.
---	--

Tabla 6. Ventajas e inconvenientes del uso de la red sin los equipos.

12.2 Red con los equipos J-431-1 y E-432-12

- Problema

Teniendo la red de refrigeración con estos dos equipos conectados la bomba centrífuga encargada de impulsar el agua hacia los equipos consumidores también presenta un sobredimensionado.

- Justificación

Se sabe que en el funcionamiento real del circuito la válvula posterior a la bomba de impulsión está un 30% abierta (70% cerrada), acción que determina que la bomba es capaz de impulsar mucho más caudal del necesario.

En la tabla 7 se observan las presiones y caudales de impulsión para la situación real y para la simulada.

SITUACIÓN	Válvula	Presión impulsión	Caudal impulsión
Real	30 % abierta	3,87 kg/cm ²	1345 m ³ /h
Simulada	30 % abierta	3,874 kg/cm ²	1345,99 m ³ /h

Tabla 7. Presiones y caudales para la situación real y para la simulación.

- Punto de funcionamiento

Por medio de la simulación se ha podido determinar el punto de funcionamiento de la bomba.

En la imagen 34 se puede observar donde iría el punto de funcionamiento de la bomba. Cabe destacar que el punto sería aproximado ya que en el programa solo dispone de puntos de funcionamiento para caudales de hasta 1300 m³/h.

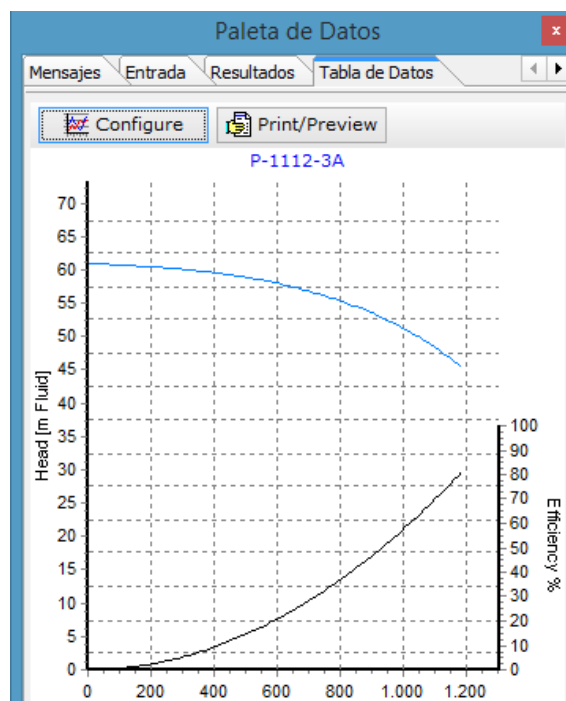


Imagen 35. Punto de funcionamiento de la bomba.

- Ventajas e inconvenientes

En la tabla 8 se muestran las ventajas e inconvenientes de usar la situación en la que en la red 1112 estén conectados los equipos E-432-12 y J-431-1.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> - Alivio de la red 1012. La temperatura de retorno del 1012 mejora y será más baja. - En la red 1012 la torre de refrigeración con menos carga o menos temperatura de retorno será capaz de mejorar el enfriamiento. Mejor rendimiento la torre de refrigeración - Parada de las bombas P-11AX y P12. Ahorro energético ya que no consumirán. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida energética debido al no funcionamiento de la bomba en su punto óptimo. - Pérdida económica debido a que la bomba está gastando más energía. - Mayor consumo de energía con respecto a la red sin los equipos. Pérdida energética. - El equipo E-433-2 se lleva mucho caudal, por lo que no llega suficiente a los otros equipos. - Coste de la energía al año mayor respecto a la red sin los equipos. Pérdida económica. - Posible problema de si se para la bomba se para sulfato. Conllevaría pérdidas económicas

	<p>graves.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se tendrían dos bombas P-11AX y la P-12 paradas sin funcionamiento. - La temperatura de salida del equipo E-432-12 era muy alta ($>50^{\circ}\text{C}$), por lo que se estimaba que la presión y el caudal que llegaba al equipo no era suficiente. - Aparecían problemas a la hora de mantener el vacío en un equipo. - Se carga más la red 1112, ya que se conectan dos equipos más. La temperatura de retorno del 1112 empeoraría (le añades dos equipos más que aportan calor al circuito- la T de vuelta será más elevada). - En la red 1112 la torre de refrigeración con más carga o más temperatura de retorno no será capaz de mejorar el enfriamiento. Peor rendimiento la torre de refrigeración. - Con temperaturas de retorno mayores la evaporación del agua en la torre será mayor. Esto implica que se tendrá que reponer más agua. Pérdida económica. - Con temperaturas elevadas también es necesario añadir más químicos antiincrustantes al agua.
--	--

Tabla 8. Ventajas e inconvenientes del uso de la red con los equipos.

13. JUSTIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN ELEGIDA

Una vez realizado el estudio de las dos situaciones es momento para decidir qué situación es la más idónea para realizarle mejoras y que su funcionamiento sea el mejor posible. Tras observar los inconvenientes que presenta la situación 2, es decir la red de refrigeración 1112 con los equipos E-412-1 y J-431-1 conectados se determina que es una situación más crítica que la situación 1 por lo que se tratará de solucionar los problemas existentes en dicha red y de mejorar el funcionamiento de cada equipo.

14. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS-PROPUESTAS DE MEJORA

En este apartado, se van a comentar todas las propuestas desarrolladas en el proyecto, para intentar conseguir los objetivos marcados, además de los resultados obtenidos para cada propuesta. En el siguiente apartado “Cálculos justificativos” vienen desarrolladas todas las propuestas, además de la explicación de los cálculos llevados a cabo para la obtención de los resultados.

Como se ha comentado anteriormente, el principal problema que presenta la red de refrigeración hacia la unidad de sulfato amónico es que la bomba P3A tira demasiado caudal para lo que necesitan los equipos consumidores.

Por lo tanto, se han estudiado una serie de propuestas con el fin de mejorar la eficiencia energética de la red actual, aumentar la fiabilidad de los equipos y reducir los costes debido a un menor consumo energético de la bomba y a unas menores pérdidas de producción debido a la parada de la instalación.

14.1 Propuesta 1

La propuesta 1 consiste en abrir la válvula posterior a la bomba centrífuga al 100% de su capacidad y añadir un circuito en paralelo al circuito de impulsión actual con una bomba centrífuga nueva.

14.2 Propuesta 2

La propuesta 2 consiste en sustituir la válvula de compuerta que hay antes del equipo E-433-2 por una válvula limitadora de caudal, en el circuito actual abrir la válvula posterior a la bomba centrífuga al 100% de su capacidad y añadir un circuito en paralelo al circuito de impulsión actual con una bomba centrífuga idéntica a la actual.

14.3 Propuesta 3

La propuesta 3 consiste en realizar la propuesta 2 y añadir un variador de frecuencia al motor de la bomba centrífuga de la instalación en paralelo a la actual.

15. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA FINAL

La propuesta 3 es la que más acciones de mejora proporciona al circuito 1112. En la tabla 9 se pueden observar las mejoras que proporcionaría al circuito.

MEJORAS PLANTEADAS	ACCIONES DE MEJORA EN EL CIRCUITO 1112
Abrir la válvula de compuerta posterior a la bomba centrífuga P-1112-3A al 100%	<ul style="list-style-type: none"> - Se evita tener la válvula al 30% abierta lo que evita un mayor desgaste. - Se consigue aumentar el caudal de impulsión y con ello disminuir la presión de impulsión de la bomba, lo que hace que lleguen mayores presiones y caudales a los equipos necesitados. (Los caudales y presiones no serían suficientes para mejorar el funcionamiento de los equipos necesitados).
Introducir una válvula limitadora de caudal antes del equipo E-433-2	<ul style="list-style-type: none"> - Limita el caudal que pasa por el equipo E-433-2 y se distribuye mejor el caudal por los otros equipos. Entonces se mejoraría el funcionamiento de los equipos ya que pasaría más caudal y presión por ellos. - Control preciso de caudal de salida y regulación ante variaciones del sistema. - Optimización del funcionamiento de la bomba. Se hace pasar el caudal necesario por el equipo E-433-2.
Introducir una instalación paralela a la que hay actualmente con una bomba centrífuga nueva pero idéntica a la actual.	<ul style="list-style-type: none"> - Si fallara la bomba de funcionamiento habitual se podría arrancar esta bomba nueva y se evitaría una parada de sulfato. Se evitarían pérdidas económicas elevadas. Mayor fiabilidad y seguridad en el funcionamiento.
Introducir un variador de frecuencia al motor de la bomba de la instalación en paralelo.	<ul style="list-style-type: none"> - Ante periodos de baja demanda de caudal o en casos en que es necesario desconectar equipos de la red el variador te da la posibilidad de bajar la curva motriz de la bomba y con ello ajustar mejor el punto de funcionamiento teniendo una potencia menor a la anterior. - Capacidad de optimizar la eficiencia al máximo. - Mejorar el consumo de la bomba.

Tabla 9. Acciones de mejora al circuito.

16. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA FINAL

La propuesta final consistiría en realizar las siguientes mejoras en el circuito 1112 con todos los equipos posibles conectados.

- 1) Abrir la válvula de compuerta posterior a la bomba centrífuga al 100%. La acción se realizaría manualmente.

En la imagen 34 se observa la válvula en cuestión



Imagen 36. Válvula de compuerta a accionar.

- 2) Sustituir válvula presente antes del equipo E-433-2 por una válvula limitadora de caudal.
- 3) Introducir una instalación paralela a la que hay actualmente con una bomba centrífuga nueva pero idéntica a la actual. La torre de refrigeración y el circuito actual ya están adecuados para poder realizar esta instalación.

En la imagen 35 se puede observar la instalación a realizar:

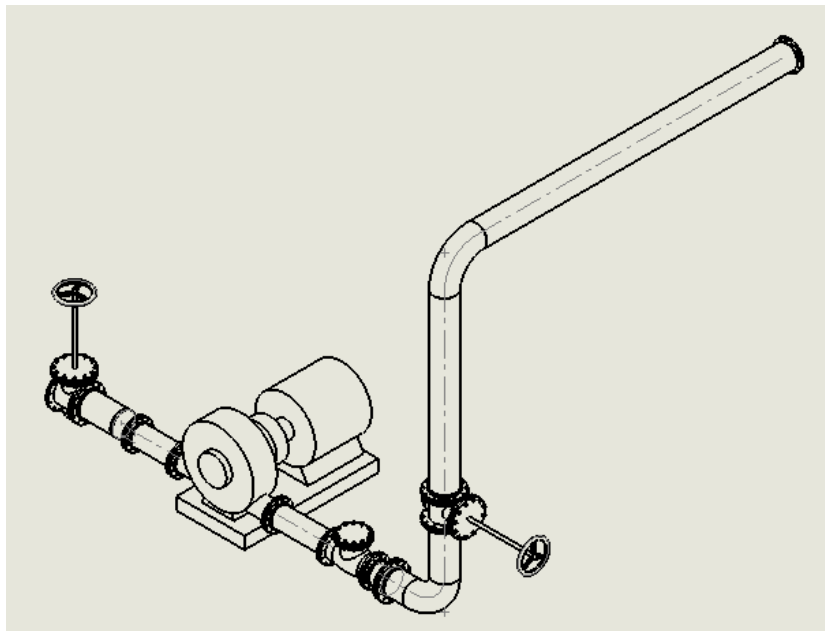


Imagen 37. Instalación a realizar.

- 4) Introducir un variador de frecuencia al motor de la bomba centrífuga de la instalación a realizar.

17. PLAN DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA RED

En el circuito 1112 con todos los equipos conectados se creará un plan de inspección de los equipos y de las tuberías. En el apartado Anejo III ‘Inspección de los equipos’ se realizan los cálculos necesarios y justificaciones para poder determinar que inspección le corresponde a cada elemento.

En la tabla 10 se observan las inspecciones a realizar a los equipos presentes en la instalación.

	Clase	Nivel A	Nivel B
E-432-12	5	Inspector propio 8 años	-
E-433-2	3	Inspector propio 6 años	Inspector propio 10 años
E-435-3	5	Inspector propio 8 años	-
J-431-1	5	Inspector propio 8 años	-
J-433-1A	5	Inspector propio 8 años	-
J-433-1B	5	Inspector propio 8 años	-

Tabla 10. Inspecciones para los equipos de la instalación.

A continuación, en la tabla 11 se muestra la periodicidad de la realización de las inspecciones en las tuberías de la instalación actual.

	ISOMÉTRICO	POTENCIAL RIESGO	¿APLICA? SI/NO	Grupo	PERIODICIDAD
ADMISIÓN	73087	1219.2	SI	2.2	Inspector propio 12 años
	73087	609.6	NO		-
	73087/1		NO		-
IMPULSIÓN	73088 h1	2743.2	SI		Inspector propio 12 años
	73088 h2	3657.6	SI		Inspector propio 12 años
	73088 h3	3657.6	SI		Inspector propio 12 años
	67015	3657.6	SI		Inspector propio 12 años
	67015	2743.2	SI		Inspector propio 12 años
	67015	2438.4	SI		Inspector propio 12 años
	67019	609.6	NO		-
	67019	304.8	NO		-
	67017	228.6	NO		-
	73088 h4	1219.2	SI		Inspector propio 12 años
	73088 h4	914.4	NO		-
	67057 h1	914.4	NO		-
	56076 h2	1066.8	SI		Inspector propio 12 años
	67057 h2	914.4	NO		-
	67057 h2	609.6	NO		-
	67057 h3	914.4	NO		-
	67058 h2	609.6	NO		-
	67058 h1	609.6	NO		-
	a J-431-1	914.4	NO		-
	a J-431-1	228.6	NO		-
RETORNO	73089 h1	3657.6	SI		Inspector propio 12 años
	73089 h2	3657.6	SI		Inspector propio 12 años
	73089 h3	3657.6	SI		Inspector propio 12 años
	67016	2743.2	SI		Inspector propio 12 años
	67016	2438.4	SI		Inspector propio 12 años
	67020	609.6	NO		-
	67020	304.8	NO		-
	67018	228.6	NO		-
	73089 h4	1219.2	SI		Inspector propio 12 años
	73089 h4	914.4	NO		-
	67060 h1	914.4	NO		-
	56077 h2	929.64	NO		-
	56077 h1	929.64	NO		-
	67060 h2	914.4	NO		-
	67060 h3	914.4	NO		-
	67059	609.6	NO		-
	a J-431-1	914.4	NO		
	a J-431-1	228.6	NO		

Tabla 11. Periodicidad de la realización de las inspecciones en las tuberías de la instalación actual.

En la tabla 12 se muestra la periodicidad de la realización de las inspecciones en las tuberías de la instalación nueva, es decir la instalación planteada en la propuesta final.

	ISOMÉTRICO	POTENCIAL RIESGO	¿APLICA? SI/NO	Grupo	PERIODICIDAD
ADMISIÓN		1219.2	SI	2.2	Inspector propio 12 años
		609.6	NO		-
			NO		-
IMPULSIÓN		2743.2	SI		Inspector propio 12 años
		3657.6	SI		Inspector propio 12 años
		3657.6	SI		Inspector propio 12 años
		3657.6	SI		Inspector propio 12 años

Tabla 12. Periodicidad de la realización de las inspecciones en las tuberías de la instalación propuesta.

Para el mantenimiento de los equipos del circuito será necesario seguir las gamas de mantenimiento realizadas en UBE, las cuales se mostrarán en el apartado Anejo II ‘Mantenimiento de los equipos’.

18. PLANIFICACIÓN

18.1 Introducción

La planificación del presente proyecto constará de 9 etapas, las cuales se desarrollarán a continuación:

- 1) Elaboración de un anteproyecto
- 2) Formulación de una propuesta de mejora de la instalación
- 3) Elaboración del proyecto
- 4) Compra de los elementos necesarios para la realización del proyecto
- 5) Fabricación de conexiones en taller
- 6) Desmontaje de la instalación anterior y acomodado de la nueva
- 7) Montaje de la nueva instalación
- 8) Prueba de la instalación con las mejoras realizadas
- 9) Puesta en marcha

18.2 Diagrama de Gantt

En la tabla 13 muestra las distintas actividades del proyecto y su duración en días:

Actividad	Descripción	Predecesora	Duración
A	Anteproyecto	-	30
B	Propuesta de mejora	A	14
C	Proyecto	B	30
D	Compras	C	15
E	Fabricación	D	15
F	Desmontaje	E	3
G	Montaje	F	5
H	Pruebas	G	1
I	Puesta en marcha	H	1

Tabla 13. Actividades del proyecto y su duración.

En la siguiente página se puede observar la imagen 36 que muestra el diagrama de Gantt del proyecto, con sus actividades y la duración total del proyecto.

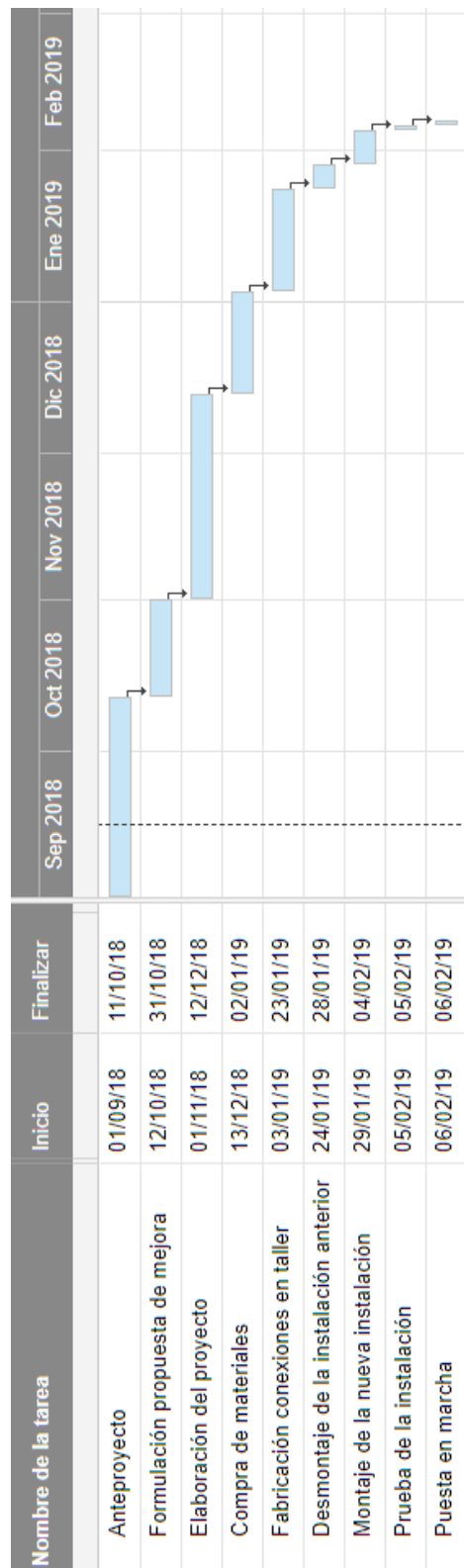


Imagen 38. Diagrama de Gantt.

19. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

En la tabla 14 se puede observar un resumen de los costes de realizar las instalaciones de la propuesta 3.

PROPUESTA	PRECIO
Nueva instalación de bombeo	60.190,17
Nueva instalación de la válvula limitadora	14.750,00
Consumibles	350,00
Mano de obra	2.808,00
Otros	1.430,00
TOTAL	79.528,17 €

Tabla 14. Resumen de los costes de la realización de las instalaciones.

La suma de las instalaciones efectuadas y de sus correspondientes trabajos y materiales asciende al valor de: 79.528,17 euros.

En la tabla 15 puede apreciarse un resumen de los presupuestos del proyectista.

Concepto	Coste (€)
Mano de obra	9.500
Amortizaciones	206,66
Gastos generales	130
TOTAL	9.836,66

Tabla 15. Resumen de los honorarios del proyectista.

La suma de todos los honorarios del proyectista asciende al valor de: 9.836,66 euros.

Para obtener el coste total de la realización del proyecto se sumarán el coste del presupuesto de la propuesta y el coste de los honorarios del proyectista.

En la tabla 16 pueden apreciarse los aspectos citados.

Concepto	Coste (€)
Presupuesto de la propuesta	79.528,17
Presupuesto de los honorarios del proyectista	9.836,66
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN	89.364,83

Tabla 16. Resumen de presupuestos.

Para saber el presupuesto total habría que sumarle al presupuesto de ejecución los impuestos, que se corresponde con un 21% de su valor:

$$\text{Presupuesto total} = \text{Presupuesto de ejecución} + \text{impuestos} = 89.364,83 + (0,21 * 89.364,83) \\ = 89.364,83 + 18.766,143 = 108.131,44 \text{ €}$$

El presente presupuesto asciende a la cantidad de:

Ciento ocho mil cientos treinta y uno con cuarenta y cuatro céntimos
#108.131,44#

20. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

Mediante este estudio se demostrará que la propuesta realizada no sólo mejora el aspecto funcional de la instalación, sino también el aspecto económico.

El objetivo de este estudio es comprobar mediante el rediseño de la instalación actual que supone un aumento en la rentabilidad de la instalación. Se estudiarán tanto los costes que tiene la nueva instalación como los beneficios que genera, y se compararan con los de la instalación actual.

Además, se va a estudiar la viabilidad del proyecto, es decir, se va a determinar si el proyecto es viable tanto técnicamente como económicamente calculando para ello los indicadores financieros del proyecto (VAN, TIR y periodo de retorno).

20.1 Estudio de rentabilidad de la situación actual

En este apartado se expondrán los costes de explotación de la instalación actual, es decir la red 1112 con los equipos E-432-12 y J-431-1 conectados.

20.1.1 Estudio de costes de explotación

En el estudio de costes de explotación se detallan todos los costes que tiene la instalación actual. Éstos son el mantenimiento y la energía.

- **Gastos de mantenimiento y material auxiliar**

- Alcance

Se trata aquí de valorar los costes asociados al mantenimiento de toda la instalación actual (1112). Estos son los siguientes:

- Costes de todo el material empleado para la reparación y funcionamiento de la instalación.
- Coste de los mecánicos de mantenimiento de la propia empresa que llevan a cabo tareas de mantenimiento preventivo.

- Costes

- Coste de los mecánicos de mantenimiento que llevan a cabo tareas de mantenimiento preventivo del aéreo de la torre de refrigeración.

Coste = Coste hora x Número de horas x Número operarios = $25 \times 40 \times 2 = 2.000$ €/año

- Coste de los mecánicos de mantenimiento que llevan a cabo tareas de mantenimiento preventivo de la bomba centrífuga P-1112-3A.

Coste = Coste hora x Número de horas x Número operarios = $25 \times 40 \times 2 = 2.000$ €/año

Coste total = $2.000 + 2.000 = 4.000$ €/año

- Coste del material de repuesto: Sustitución aceite aéreo y pintado de la reductora del aéreo semestralmente, sustitución de los rodamientos de la bomba P-1112-3A y del motor cada dos años, cambiar filtro del sistema hidráulico de la centrífuga semestralmente, sustituir todas las juntas de estanqueidad y tóricas de la centrífuga cada año, sustituir rodamiento delantero, trasero y del empujador de la centrífuga cada 3 años.

Coste = 4.000 €/año

En la Tabla 16 se puede observar un resumen de los gastos que supone el mantenimiento de la instalación actual.

Gastos de mantenimiento	Coste/año (€)
Mantenimiento mecánicos	4.000
Material repuesto	4.000
TOTAL	8.000

Tabla 16. Resumen de los gastos que supone el mantenimiento.

- **Gasto de energía**

- Alcance

Se pretende considerar aquí los gastos por consumo de energía de la bomba P-1112-3A para el funcionamiento de la instalación o red de refrigeración 1112 con los equipos E-432-12 y J-431-1 conectados.

- Costes

Datos conocidos:

- Potencia total consumida por el motor, igual a 171,19 KW.
- Tiempo de funcionamiento de la bomba al año, evaluado en 8592 horas.
- Tarifa eléctrica, es igual a 0,120455 €/KW y 0,08 €/KW. Hora

Consumo de energía BOMBA ACTUAL (kWh/año) = Potencia medida (Kw) x horas de funcionamiento (h/año) = 171,19 x 8592 = 1.470.864,48 kWh/año

$\text{Coste (€)} = a \times \text{Potencia (KW/año)} + b \times \text{Energía (kWh/año)} = \text{coste 1 (€/año)} + \text{coste 2 (€/año)}$
--

Los parámetros a y b se extraen de la factura, digamos son valores fijados por Iberdrola.

Importe por potencia contratada:

- Coste 1 (€) = Potencia contratada (Kw/año) x Coste potencia (valor ‘a’) (€/Kw) = 171,19 x 0,120455 = 20,62 €/año
- Coste 2 (€) = Energía (kWh/año) x Coste energía (€/kWh) = 1.470.864,48 x 0,08 = 117.669,16 €/año

Coste (para 1345,99 de caudal) (€) = Coste 1 + Coste 2 = 20,62 + 117.669,16 = 117.689,77 €/año

En la Tabla 17 se detalla un resumen de los gastos que tiene la instalación o red 1112 a lo largo del año.

GASTOS	COSTE/AÑO (€)
Mantenimiento	8.000
Energía	117.689,77
TOTAL	125.797,77

Tabla 17. Gastos de la red 1112 en un año.

20.2 Estudio de rentabilidad de la alternativa propuesta

En este apartado se expondrán los costes de explotación de la instalación propuesta y los beneficios con respecto a la instalación actual.

20.2.1 Estudio de costes de explotación

En el estudio de costes de explotación se detallan todos los costes que tiene la instalación propuesta. Éstos son el mantenimiento y la energía.

- **Gastos de mantenimiento y material auxiliar**

- Alcance

Se trata aquí de valorar los costes asociados al mantenimiento de toda la instalación con las modificaciones propias de la propuesta. Estos son los siguientes:

- Costes de todo el material empleado para la reparación y funcionamiento de la instalación.
- Coste de los mecánicos de mantenimiento de la propia empresa que llevan a cabo tareas de mantenimiento preventivo.

- Costes

- Coste de los mecánicos de mantenimiento que llevan a cabo tareas de mantenimiento preventivo del aéreo de la torre de refrigeración.

Coste = Coste hora x Número de horas x Número operarios = 25 x 40 x 2 = 2.000 €/semestre

- Coste de los mecánicos de mantenimiento que llevan a cabo tareas de mantenimiento preventivo de la bomba centrífuga P-1112-3A.

$$\text{Coste} = \text{Coste hora} \times \text{Número de horas} \times \text{Número operarios} = 25 \times 40 \times 2 = 2.000 \text{ €/año}$$

- Coste de los mecánicos de mantenimiento que llevan a cabo tareas de mantenimiento preventivo de la bomba centrífuga P-1112-3B.

$$\text{Coste} = \text{Coste hora} \times \text{Número de horas} \times \text{Número operarios} = 25 \times 40 \times 2 = 2.000 \text{ €/año}$$

$$\text{Coste total} = 2.000 + 2.000 + 2.000 = 6.000 \text{ €/año}$$

- Coste del material de repuesto: Sustitución aceite aéreo y pintado de la reductora del aéreo semestralmente, sustitución de los rodamientos de la bomba P-1112-3A y de la P-112-3B y de los motores cada dos años, cambiar filtro del sistema hidráulico de la centrífuga semestralmente, sustituir todas las juntas de estanqueidad y tóricas de la centrífuga cada año, sustituir rodamiento delantero, trasero y del empujador de la centrífuga cada 3 años.

$$\text{Coste} = 4.500 \text{ €/año}$$

En la Tabla 18 se puede observar un resumen de los gastos que supone el mantenimiento de la instalación actual.

Gastos de mantenimiento	Coste/año (€)
Mantenimiento mecánicos	6.000
Material repuesto	4.500
TOTAL	10.500

Tabla 18. Resumen de los gastos que supone el mantenimiento.

- **Gasto de energía**

- Alcance

Se pretende considerar aquí los gastos por consumo de energía de la bomba P-1112-3A para el funcionamiento de la instalación o red de refrigeración 1112 con los equipos E-432-12 y J-431-1 conectados.

Cabe destacar que en la propuesta se introducía una válvula limitadora de caudal a la entrada del equipo E-433-1 y que la válvula de compuerta posterior a la bomba estaba completamente abierta, por lo que el valor de la potencia consumida por el motor variará respecto a la actual.

- Costes

Datos conocidos:

- Potencia total consumida por el motor, igual a 171,13 KW.
- Tiempo de funcionamiento de la bomba al año, evaluado en 8592 horas.
- Tarifa eléctrica, es igual a 0,120455 €/KW y 0,08 €/KW. Hora

Consumo de energía BOMBA PROPUESTA (kWh/año) = Potencia medida (Kw) x horas de funcionamiento (h/año) = 171,13 x 8592 = 1.470.402,08 kWh/año

$\text{Coste (€)} = a \times \text{Potencia (KW/año)} + b \times \text{Energía (kWh/año)} = \text{coste 1 (€/año)} + \text{coste 2 (€/año)}$
--

Los parámetros a y b se extraen de la factura, digamos son valores fijados por Iberdrola.

Importe por potencia contratada:

- Coste 1 (€) = Potencia contratada (kW) x Coste potencia (valor ‘a’) (€/kW) = 171,13 x 0,120455 = 20,61 €
- Coste 2 (€) = Energía bomba nueva (kWh) x Coste energía (€/kWh) = 1.470.402,08 x 0,08 = 117.632,16 €

El coste de la energía sería aproximadamente de 80€/MWh, lo que equivale a 0,08€/kWh. Añadiendo impuestos.

Coste (para 1297 de caudal) (€) = Coste 1 + Coste 2 = 20,61 € + 117.632,16 € = 117.652,77 €/año

En la Tabla 19 se detalla un resumen de los gastos que tiene la instalación o red 1112 a lo largo del año.

GASTOS	COSTE/AÑO (€)
Mantenimiento	10.500
Energía	117.652,77
TOTAL	128.152,77

Tabla 19. Gastos de la red 1112 en un año.

20.3 Estudio de ahorros

Si se comparan los gastos de la instalación actual con los previstos para la futura instalación se obtienen los siguientes beneficios:

- 1) Reducción en el consumo de energía.

$$\text{Ahorro económico} = 117.689,77 - 117.652,77 = 37 \text{ €/año}$$

- 2) Ahorro económico al disponer de una instalación en paralelo a la actual, que evita que si pare la bomba por cualquier motivo no planeado se pueda encender la nueva bomba y así se evita una parada de la producción. Se tomará de 1 día la media de paradas no planeadas al año.

Parar la producción supone una pérdida de 55.600€/día.

$$\text{Ahorro económico} = 55.600 \text{ €/año}$$

- 3) En periodos de baja demanda de caudal o circunstancia por la que es necesaria la desconexión de los equipos E-432-12 y J-432-1 se desconectará la bomba P-1112-3A y se pondrá en funcionamiento la instalación paralela y con ello la P-1112-3B con su variador incorporado, lo que supondrá que mediante el variador se podrá optimizar al máximo el punto de funcionamiento deseado con lo que se reducirá el consumo de energía.

- Gasto de energía de la instalación actual sin equipos E-432-12 y J-432-1 conectados

Consumo de energía BOMBA ACTUAL (kWh/año) = Potencia medida (kW) x horas de funcionamiento (h/año) = 170,3 x 8592 = 1.463.217,6 kWh/año

$\text{Coste (€)} = a \times \text{Potencia (KW/año)} + b \times \text{Energía (kWh/año)} = \text{coste 1 (€/año)} + \text{coste 2 (€/año)}$
--

Los parámetros a y b se extraen de la factura, digamos son valores fijados por Iberdrola.

Importe por potencia contratada:

- Coste 1 (€) = Potencia contratada (kW) x Coste potencia (valor ‘a’) (€/kW) = 170,3 x 0,120455 = 20,51 €
- Coste 2 (€) = Energía bomba nueva (kWh) x Coste energía (€/kWh) = 1.463.217,6 x 0,08 = 117.057,41 €

El coste de la energía sería aproximadamente de 80€/MWh, lo que equivale a 0,08€/kWh. Añadiendo impuestos.

Coste (para 1335,82 (€) = Coste 1 + Coste 2 = 20,51 € + 117.057,41 € = 117.077,92 €/año

El caso en que se desconectasen los equipos E-432-12 y J-432-1 de la red 1112 actual supone un gasto económico al año de 117.077,92 €.

- Gasto de energía de la instalación propuesta sin equipos E-432-12 y J-432-1 conectados

Para el cálculo de la potencia consumida por el motor cuando funciona el variador se procede de la siguiente forma:

$$P = \text{densidad} \times g \times Q \times H$$

$$\text{Rendimiento bomba} = \frac{P}{P_{\text{real}}}$$

$$P_{\text{real}} = \frac{\text{densidad} \times g \times Q \times H}{\text{Rendimiento bomba}} = \frac{1000 \times 9,81 \times \frac{1090}{3600} \times 41}{0,86} = 141.604,9 \text{ W} = 141,6 \text{ Kw}$$

La potencia es mucho menor que la planteada anteriormente por lo que el ahorro en cuanto a energía está asegurado.

Consumo de energía BOMBA PROPUESTA (kWh/año) = Potencia medida (Kw) x horas de funcionamiento (h/año) = 141,7 x 8592 = 1.216.627,2 kWh/año

$$\text{Coste (€)} = a \times \text{Potencia (KW/año)} + b \times \text{Energía (kWh/año)} = \text{coste 1 (€/año)} + \text{coste 2 (€/año)}$$

Los parámetros a y b se extraen de la factura, digamos son valores fijados por Iberdrola.

Importe por potencia contratada:

- Coste 1 (€) = Potencia contratada (kW) x Coste potencia (valor ‘a’) (€/kW) = 141,6 x 0,120455 = 17,05 €
- Coste 2 (€) = Energía bomba nueva (kWh) x Coste energía (€/kWh) = 1.216.627,2 x 0,08 = 97.330,17 €

El coste de la energía sería aproximadamente de 80€/MWh, lo que equivale a 0,08€/kWh. Añadiendo impuestos.

Coste (para 1335,82 (€) = Coste 1 + Coste 2 = 17,05 € + 97.330,17 € =97.347,22 €/año

El caso en que se desconectara la bomba P-1112-3A y se pusiera en funcionamiento la instalación paralela de la red 1112 supondría un gasto económico al año de 97.415,98 €. Se puede observar en la siguiente tabla el ahorro para varios periodos de funcionamiento de la bomba.

Periodo funcionamiento bomba	Gasto 1	Gasto 2	Ahorro (€)
1 Año	117.077,92	97.347,22	19.730,69
1 Mes	9.756,5	8.117,99	1.638,5

Tabla 20. Ahorro económico en periodos.

En la Tabla 21 se detalla un resumen de los ahorros que tiene la instalación o red 1112 a lo largo del año, suponiendo que durante el año funciona solo la bomba P-1112-3A.

AHORROS	COSTE/AÑO (€)
Consumo de energía P-1112-3A	37
Evitar parar la producción	55.600
TOTAL	55.637

Tabla 21. Ahorros de la red 1112 en un año.

Si funcionase todo el año la bomba P-1112-3B se tendría los siguientes ahorros:

AHORROS	COSTE/AÑO (€)
Consumo de energía P-1112-3B	19.730,69
Evitar parar la producción	55.600
TOTAL	75.330,69

Tabla 22. Ahorros de la red 1112 en un año.

20.4 Análisis económico

Resultados

Ahorros totales en un año..... 55.637 € (Suponiendo que funcionaría todo el año la bomba P-1112-3A)

Ahorros totales en un año..... 75.330,69 € (Suponiendo que funcionaría todo el año la bomba P-1112-3B)

Inversión total para la construcción de la propuesta..... 108.131,44 €

Gastos totales en un año en la situación propuesta..... 128.152,77 € (2.355 € más que la situación actual)

Cálculo de los indicadores financieros para el funcionamiento anual de la P-1112-3A

- Para el cálculo de la amortización se supone que amortizamos en 10 años y que la inversión inicial es de 108.131,44 €, por lo que su valor quedaría así:

$$\text{Inversión inicial} / \text{número de años a los cuales amortizamos} = 108.131,44 / 10 = 10.813,14 \text{ €/año}$$

Hay que tener en cuenta que en el segundo año, la amortización hay que multiplicarla por $(1 + \text{IPC})^n$. Sabiendo que el valor de IPC es del 2,5 % y que n es el número de años a amortizar.

- Se sabe mediante los cálculos anteriores que los gastos debidos a la instalación de la nueva propuesta son de 2.355 €/año.

Hay que tener en cuenta que en el segundo año, el gasto hay que multiplicarlo por $(1 + \text{IPC})^n$. Sabiendo que el valor de IPC es del 2,5 % y que n es el número de años a amortizar.

- Para el cálculo del beneficio bruto anual (Bb), será necesario utilizar los ahorros, la amortización y los gastos. El cálculo es como sigue:

$$\text{Beneficio bruto} = \text{Ahorros} - \text{Gastos} - \text{Amortización}$$

- Para el cálculo del beneficio neto anual (Bn), será necesario utilizar el beneficio bruto y el impuesto de sociedades (IS). El impuesto de sociedades será el 25 % del beneficio bruto.

$$\text{Beneficio neto} = \text{Beneficio bruto} - \text{IS (25\%)}$$

- El flujo de caja (FC) se determina sumando los beneficios netos y las amortizaciones.
- El VAN (Valor actualizado neto) se calcula como:

$$VAN = \sum \frac{FC}{(1 + ir)^n} - Inversión\ inicial$$

n: número de periodos considerados

ir: interés real. Donde se calcula haciendo el cociente entre el interés nominal y el IPC. El interés nominal se considera del 3%.

- La tasa interna de retorno (TIR) se calcula, haciendo cero el valor del VAN y despejando el interés real. El TIR es un indicador de la rentabilidad que nos está proporcionando el proyecto.
- El periodo de retorno es el cociente entre la inversión inicial y el flujo de caja promedio de todo el periodo de amortización.

Los indicadores financieros mencionados anteriormente se ven reflejado en la siguiente imagen:

Años	Gastos	Amortizaciones	Ahorro	Bb	Bn	FC	FC/(1+ir) ⁿ	ir	FC/(1+ir) ⁿ
1	2355,00	10813,14	55637,00	42468,86	31851,64	42664,79	42158,88	0	42664,79
2	2413,88	11083,47	57027,93	43530,58	32647,93	43731,41	42700,45	0,1	36141,66
3	2474,22	11360,56	58453,62	44618,84	33464,13	44824,69	43248,97	0,5	13281,39
4	2536,08	11644,57	59914,96	45734,31	34300,73	45945,31	43804,54	1	2871,58
5	2599,48	11935,69	61412,84	46877,67	35158,25	47093,94	44367,25	5	6,06
6	2664,47	12234,08	62948,16	48049,61	36037,21	48271,29	44937,18	10	0,03
7	2731,08	12539,93	64521,86	49250,85	36938,14	49478,07	45514,44	7	0,02
8	2799,35	12853,43	66134,91	50482,12	37861,59	50715,02	46099,11	8	0,0012
9	2869,34	13174,77	67788,28	51744,18	38808,13	51982,90	46691,29	9	0,0001
10	2941,07	13504,14	69482,99	53037,78	39778,34	53282,47	47291,08	9,1	0,000005
						FCpromedio	47798,99		
						VAN	338681,74		
	IPC	0,025	2,50%						
	in	0,03	3%		PR	2,26			
	ir	0,012	1,20%						

Imagen 39. Calculo de los indicadores financieros mediante Excel.

21. CONCLUSIONES

Con todas las modificaciones expuestas en los apartados anteriores de la memoria se pretende lograr los siguientes objetivos:

- Evitar tener la válvula al 30% abierta lo que evita un mayor desgaste.
- Aumentar el caudal de impulsión y con ello disminuir la presión de impulsión de la bomba, lo que hace que lleguen mayores presiones y caudales a los equipos

necesitados. (Los caudales y presiones no serían suficientes para mejorar el funcionamiento de los equipos necesitados).

- Limitar el caudal que pasa por el equipo E-433-2 y que se distribuya mejor el caudal por los otros equipos. Entonces se mejoraría el funcionamiento de los equipos ya que pasaría más caudal y presión por ellos.
- Control preciso de caudal de salida y regulación ante variaciones del sistema.
- Optimización del funcionamiento de la bomba. Se hace pasar el caudal necesario por el equipo E-433-2.
- Si fallara la bomba de funcionamiento habitual se podría arrancar esta bomba nueva y se evitaría una parada de sulfato. Se evitarían pérdidas económicas elevadas. Mayor fiabilidad y seguridad en el funcionamiento.
- Ante periodos de baja demanda de caudal o en casos en que es necesario desconectar equipos de la red el variador te da la posibilidad de bajar la curva motriz de la bomba y con ello ajustar mejor el punto de funcionamiento teniendo una potencia menor a la anterior.
- Capacidad de optimizar la eficiencia al máximo.
- Mejorar el consumo de la bomba.

Una vez expuestas todas las mejoras a las que se va a someter la instalación para la mejora de su fiabilidad y una vez verificado que se cumplen los requisitos establecidos por la empresa UBE y el proyectista, se da por concluido el presente proyecto.

22. BIBLIOGRAFIA

- REFERENCIAS WEB

www.ube.es

www.wikipedia.org

www.mantenimientopetroquimica.com

www.youtube.com

www.app.smartsheet.com

www.saidi.es

www.danfoss.es

www.tecnicafluidos.es

- OTRAS REFERENCIAS

- Apuntes de la asignatura “Proyectos de Ingeniería”. Ingeniería mecánica.
- Proyecto fin de carrera: *Rediseño y optimización de una máquina de corte por agua a presión aplicada al sector cerámico*
- Apuntes de la asignatura ‘Mecánica de fluidos’. Ingeniería mecánica.

ÍNDICE DE ANEXOS A LA MEMORIA

ANEXO I: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

ANEXO II: MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS

ANEXO III: INSPECCIÓN DE LOS EQUIPOS

ANEXO IV: CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS

ANEXO I: CALCULOS JUSTIFICATIVOS

ÍNDICE

1. CAUDALES DE OPERACIÓN DE LOS DOS CIRCUITOS POSIBLES.....	1
1.1. Red de refrigeración 1112 con equipos J-431-1 y E-432-12 conectados	1
1.2. Red de refrigeración 1112 sin equipos J-431-1 y E-432-12 conectados	2
2. SIMULACIÓN.....	2
2.1. Red 1112 con equipos.....	3
2.1.1. Cambio de consumidores de agua de refrigeración por resistencias	4
2.2. Red 1112 sin equipos	12
3. ANÁLISIS DE SITUACIONES	13
3.1. Red de refrigeración 1112 sin equipos J-431-1 y E-432-12	13
3.2. Red de refrigeración 1112 con equipos J-431-1 y E-432-12	19
3.3. Ventajas e inconvenientes de cada situación	25
3.3.1. Red de refrigeración 1112 sin equipos J-431-1 y E-432-12- Situación 1	25
3.3.2. Red de refrigeración 1112 con equipos J-431-1 y E-432-12.....	29
3.4. Propuestas a la situación 2	39
3.5. Elección de la mejor propuesta para la situación.....	56

1. CAUDALES DE OPERACIÓN DE LOS DOS CIRCUITOS POSIBLES

En la red de refrigeración 1112 cabe la posibilidad de conectar dos equipos más junto a los que están conectados diariamente. Los equipos capaces de conectarse o desconectarse son el intercambiador E-432-12 y el eyector J-431-1.

En este punto se determinarán los caudales de impulsión de la bomba centrífuga P-1112-3A para suministrar agua de refrigeración al circuito con los equipos E-432-12 y J-431-1 conectados o sin ellos.

1.1. Red de refrigeración 1112 con equipos J-431-1 y E-432-12 conectados

En la siguiente imagen 40 se muestran representados tres puntos de caudal de impulsión para diferentes días del año y, además, una línea de tendencia de esos puntos.

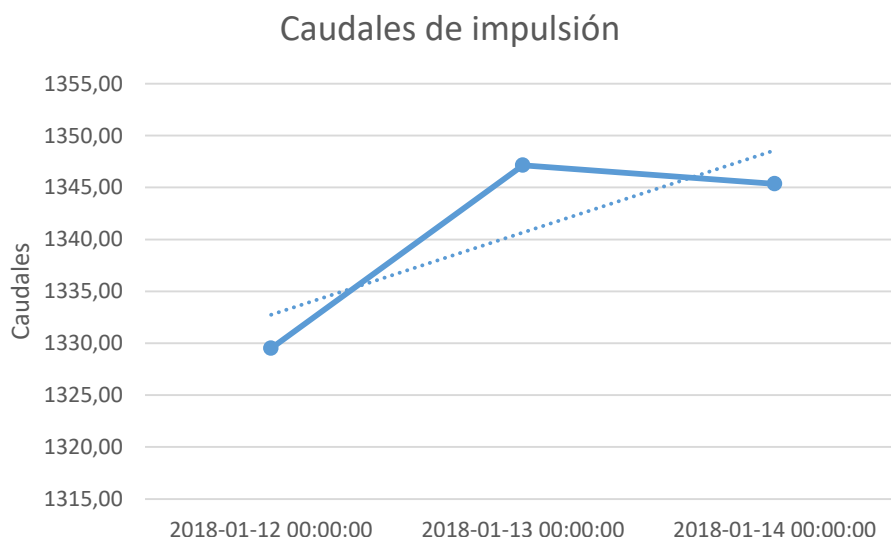


Imagen 40. Caudales de impulsión de la bomba en función de los días.

$$\text{Caudal medio} = 1345,37 \text{ m}^3/\text{h}$$

El caudal medio obtenido para esos días en los que funcionaba en circuito 1112 con los dos equipos conectados es de $1345,37 \text{ m}^3/\text{h}$. Es por eso que se considerará ese caudal de impulsión para los periodos en los que los equipos estuvieran conectados a la red 1112.

1.2. Red de refrigeración 1112 sin equipos J-431-1 y E-432-12 conectados

En la siguiente Imagen 41 se muestran representados tres puntos de caudal para diferentes días del año y, además, una línea de tendencia de esos puntos.

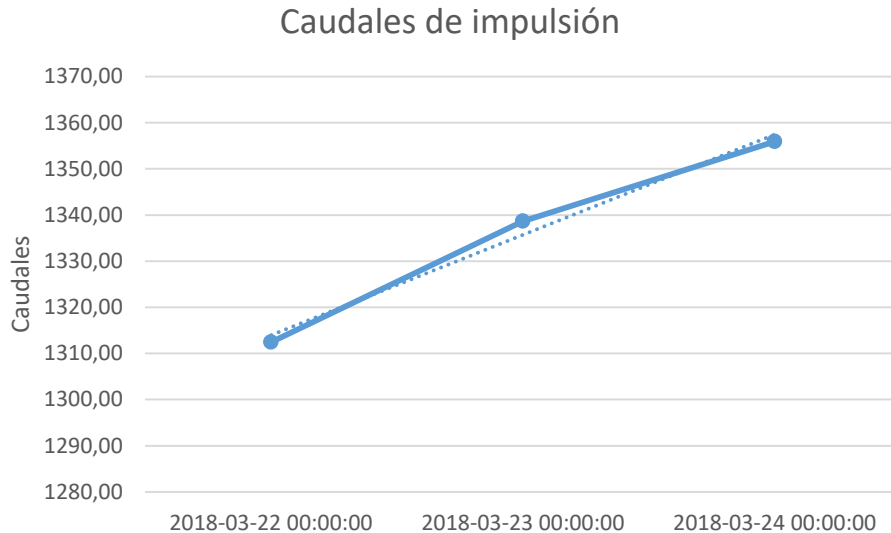


Imagen 41. Caudales de impulsión de la bomba en función de los días.

$$\text{Caudal medio} = 1335,69 \text{ m}^3/\text{h}$$

El caudal medio obtenido para esos días en los que funcionaba en circuito 1112 sin los dos equipos conectados es de $1335,69 \text{ m}^3/\text{h}$. Es por eso que se considerará ese caudal de impulsión para los periodos en los que los equipos estuvieran desconectados de la red 1112.

2. SIMULACIÓN

En esta sección se va a explicar todo lo relacionado con la simulación del circuito con los dos equipos conectados o sin ellos, se crearán los dos circuitos con el programa y se tomarán las mediciones oportunas para cada circuito.

Para la realización de la simulación de cada circuito con el programa Fluid Flow ha sido necesario realizar los siguientes pasos:

- 1) El primer paso a realizar es buscar los isométricos pertenecientes a la red objeto de estudio, estudiar que equipos son los consumidores de la red y a continuación ir introduciendo esos isométricos en el programa Fluid Flow. Los elementos introducidos son: tuberías y sus respectivas longitudes, diámetros y schedules, válvulas, reducciones de sección, depósitos y la bomba centrífuga capaz de impulsar el agua de refrigeración hacia los equipos consumidores.

- 2) El segundo paso era realizar las mediciones de presión de cada equipo consumidor.

Para el cálculo de las presiones se ha utilizado un manómetro de la marca Wika con un rango de medida de 16 kg/cm^2 y del acoplamiento de 1" y de $\frac{3}{4}$ " con un codo para realizar medidas con difícil acceso a las purgas.

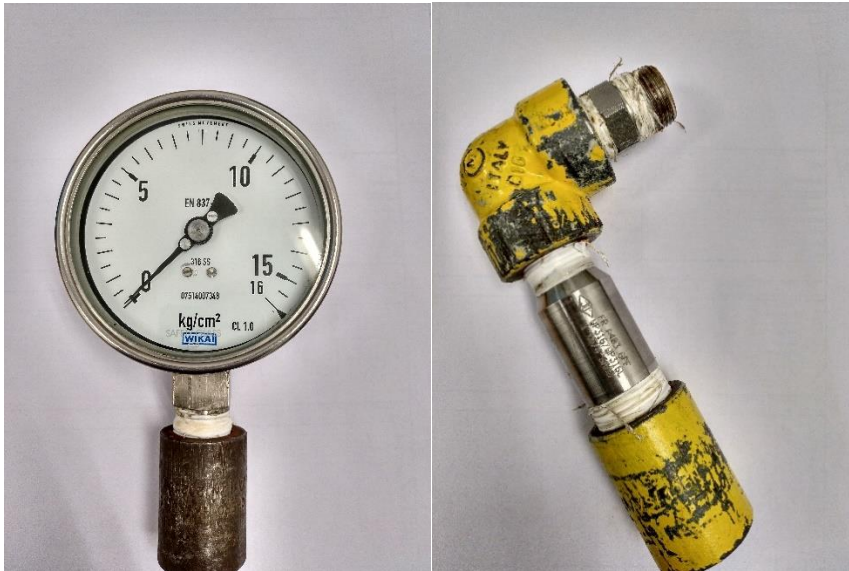


Imagen 42. Manómetro y acoplamiento.

Para las mediciones de presión se ha colocado el manómetro en la entrada y salida de los equipos consumidores.

El cálculo de caudales de cada equipo no se pudo realizar debido a que no funcionaba el aparato medidor de caudales.

- 3) Una vez creado el circuito, la idea era simular el circuito poniendo para cada intercambiador sus características de diseño, al ver que las pérdidas de carga calculadas por el programa no coincidían con los datos tomados en planta, se tuvo que ajustar la simulación cambiando consumidores de agua de refrigeración por resistencias, en las cuales, el programa permite introducir una curva que representa el incremento de presión en función del caudal, ajustando mas así la simulación del circuito.

A continuación, se muestran las curvas resistivas calculadas para cada circuito como sus respectivas mediciones en planta.

2.1. Red 1112 con equipos

En la Tabla 23 se extraen las mediciones en los equipos del segundo circuito, es decir la red 1112 con los equipos E-431-12 y J-431-1 conectados.

Equipo	Descripción	Valor	ΔP
E-433-2	Presión a la entrada del equipo E-433-2	1,7 kg/cm ²	0,4
	Presión a la salida del equipo E-433-2	1,3 kg/cm ²	
M-433-1	Presión a la entrada del equipo M-433-1	1 kg/cm ²	0,4
	Presión a la salida del equipo M-433-1	0,6 kg/cm ²	
J-433-1A/1B	Presión a la entrada del equipo J-433-1A/1B	1,65 kg/cm ²	0,4
	Presión a la salida del equipo J-433-1A/1B	1,25 kg/cm ²	
E-435-3	Presión a la entrada del equipo E-435-3	1,2 kg/cm ²	0,2
	Presión a la salida del equipo E-435-3	1 kg/cm ²	
J-431-1	Presión a la entrada del equipo J-431-1	1,2 kg/cm ²	0,2
	Presión a la salida del equipo J-431-1	1 kg/cm ²	
E-432-12	Presión a la entrada del equipo E-432-12	0,3 kg/cm ²	0,1
	Presión a la salida del equipo E-432-12	0,2 kg/cm ²	

Tabla 23. Mediciones de presiones en planta.

Para el cálculo de las curvas resistivas de cada equipo se ha ido variando el valor de K de cada equipo hasta que la pérdida de carga en cada equipo se adecuara aproximadamente a la pérdida de carga real. Además, teniendo en cuenta que el caudal de impulsión tiene que ser como la realidad, de 1345 m³/h aproximadamente.

2.1.1. Cambio de consumidores de agua de refrigeración por resistencias

- **U-433**

La curva del intercambiador E-433-2 se obtiene a partir de los siguientes datos de la Tabla 24:

INTERCAMBIADOR E-433-2	
Q (m ³ /h)	ΔP (kg/cm ²)
1136,07	0,400

Tabla 24. Caudal e incremento de presión del intercambiador E-433-2 en la simulación.

Por lo tanto, se obtiene que el valor de K vale según la expresión $\Delta P = KQ^2$:

$$K = \frac{\Delta P}{Q^2} = \frac{0,400}{1136,07^2} = 3,1e^{-7}$$

Ajustando en Excel una línea de tendencia polinómica de grado dos se obtiene la ecuación de la recta:

$$\Delta P = 3,1e^{-7}Q^2$$

Con este valor de k se obtienen los puntos de la curva:

Q (m ³ /h)	ΔP (kg/cm ²)
0	0
10	0,000031
20	0,000124
30	0,000279
40	0,000496
50	0,000775
60	0,001116
70	0,001519

Tabla 25. Caudales e incremento de presión del intercambiador E-433-2.

Mediante Excel, se determina la curva resistiva del equipo:

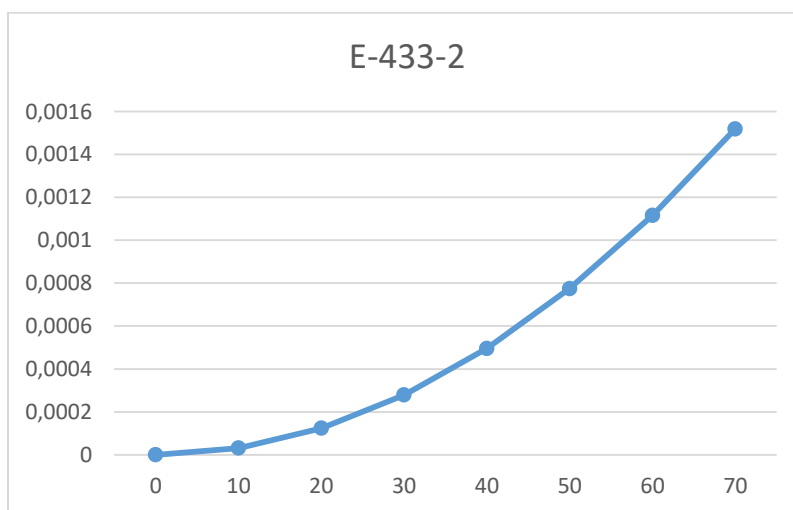


Imagen 43. Curva resistiva del intercambiador E-433-2.

- **J-433-1A**

La curva del eyector J-433-1A se obtiene a partir de los siguientes datos de la Tabla 26:

EYECTOR J-433-1A	
Q (m ³ /h)	ΔP
11,17	0,499

Tabla 26. Caudal e incremento de presión del eyector J-431-1A en la simulación.

Por lo tanto, se obtiene que el valor de K vale según la expresión $\Delta P = KQ^2$:

$$K = \frac{\Delta P}{Q^2} = \frac{0,499}{11,17^2} = 0,004$$

Ajustando en Excel una línea de tendencia polinómica de grado dos se obtiene la ecuación de la recta:

$$\Delta P = 0,004Q^2$$

Con este valor de k se obtienen los puntos de la curva:

Q (m ³ /h)	ΔP
0	0
10	0,4
20	1,6
30	3,6
40	6,4
50	10
60	14,4
70	19,6

Tabla 27. Caudal e incremento de presión del eyector J-431-1A.

La curva resistiva es la siguiente:

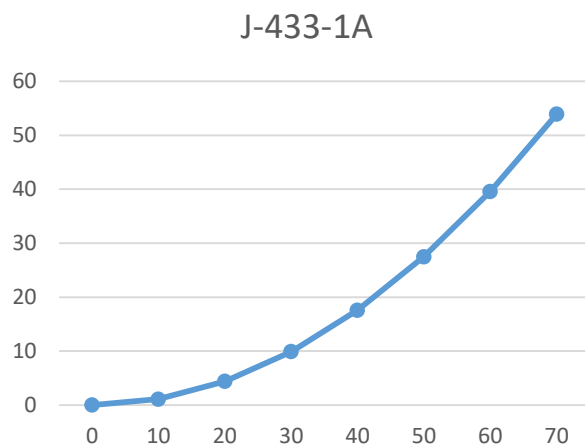


Imagen 44. Curva resistiva del eyector J-431-1A.

- **J-433-1B**

La curva del eyector J-433-1B se obtiene a partir de los siguientes datos:

EYECTOR J-433-1B	
Q (m³/h)	ΔP
10,08	0,407

Tabla 28. Caudal e incremento de presión del eyector J-431-1B en la simulación.

Por lo tanto, se obtiene que el valor de K vale según la expresión $\Delta P = KQ^2$:

$$K = \frac{\Delta P}{Q^2} = \frac{0,407}{10,08^2} = 0,004$$

Ajustando en Excel una línea de tendencia polinómica de grado dos se obtiene la ecuación de la recta:

$$\Delta P = 0,004Q^2$$

Con este valor de k se obtienen los puntos de la curva:

Q (m ³ /h)	ΔP
0	0
10	0,4
20	1,6
30	3,6
40	6,4
50	10
60	14,4
70	19,6

Tabla 29. Caudal e incremento de presión del eyector J-431-1B.

La curva resistiva es la siguiente:

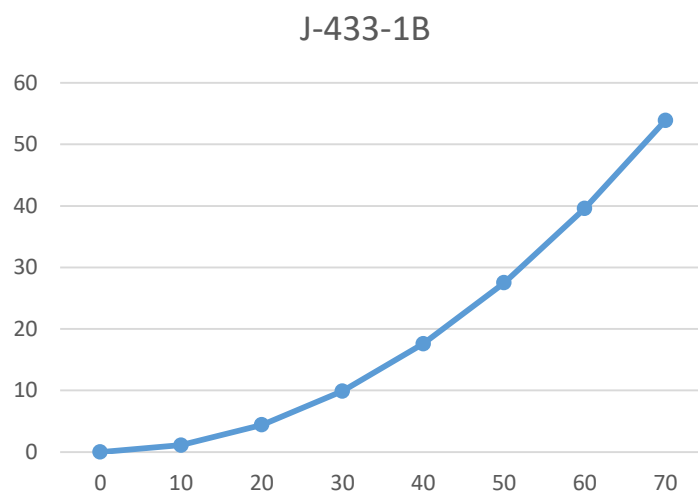


Imagen 45. Curva resistiva del eyector J-431-1B.

- **M-433-1**

La curva de la centrífuga M-433-1 se obtiene a partir de los siguientes datos:

CENTRIFUGA M-433-1	
Q (m3/h)	ΔP
1,94	0,376

Tabla 30. Caudal e incremento de la centrífuga M-433-1 en la simulación.

Por lo tanto, se obtiene que el valor de K vale según la expresión $\Delta P = KQ^2$:

$$K = \frac{\Delta P}{Q^2} = \frac{0,376}{1,94^2} = 0,1$$

Ajustando en Excel una línea de tendencia polinómica de grado dos se obtiene la ecuación de la recta:

$$\Delta P = 0,1Q^2$$

Con este valor de k se obtienen los puntos de la curva:

Q (m ³ /h)	ΔP
0	0
10	10
20	40
30	90
40	160
50	250
60	360
70	490

Tabla 31. Caudal e incremento de la centrífuga M-433-1.

La curva resistiva es la siguiente:

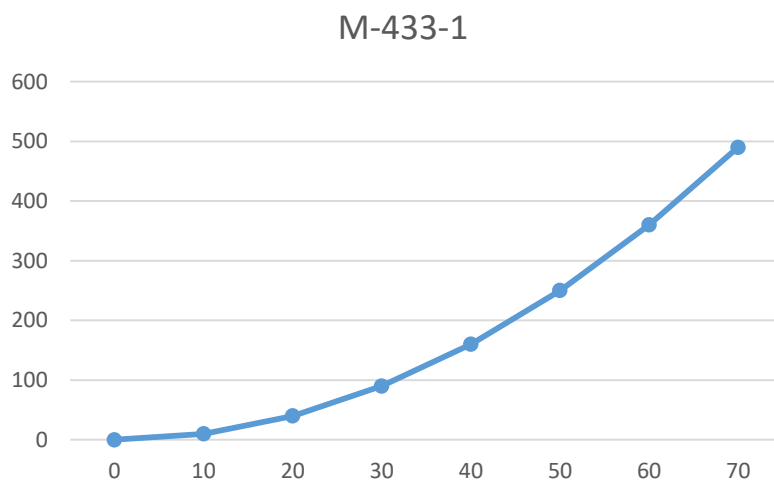


Imagen 46. Curva resistiva de la centrífuga M-433-1.

- **E-435-3**

Para el intercambiador E-435-3 no hace falta obtener la curva ya que al hacer la simulación con sus características de diseño la diferencia de presión se asemeja bastante a la diferencia de presión real.

INTERCAMBIADOR E-435-3	
Q (m ³ /h)	ΔP
54,52	0,177

Tabla 32. Caudal e incremento de presión del intercambiador E-435-3 en la simulación.

- **J-431-1**

La curva del eyector J-431-1 se obtiene a partir de los siguientes datos:

EYECTOR J-433-1	
Q (m ³ /h)	ΔP
4,05	0,181

Tabla 33. Caudal e incremento de presión del eyector J-431-1 en la simulación.

Por lo tanto, se obtiene que el valor de K vale según la expresión $\Delta P = KQ^2$:

$$K = \frac{\Delta P}{Q^2} = \frac{0,181}{4,05^2} = 0,011$$

Ajustando en Excel una línea de tendencia polinómica de grado dos se obtiene la ecuación de la recta:

$$\Delta P = 0,011Q^2$$

Con este valor de k se obtienen los puntos de la curva:

Q (m ³ /h)	ΔP
0	0
10	1,1
20	4,4
30	9,9
40	17,6
50	27,5
60	39,6
70	53,9

Tabla 34. Caudal e incremento de presión del eyector J-431-1.

La curva resistiva es la siguiente:

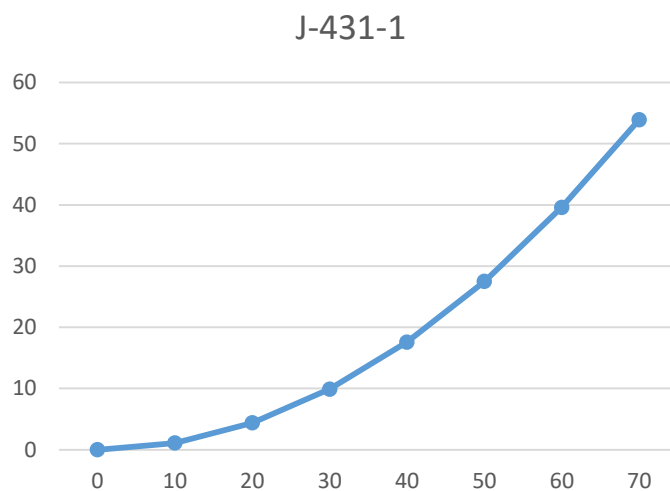


Imagen 47. Curva resistiva del eyector J-431-1.

- **E-432-12**

Para el intercambiador E-432-12 no hace falta obtener la curva ya que al hacer la simulación con sus características de diseño la diferencia de presión se asemeja bastante a la diferencia de presión real.

INTERCAMBIADOR E-432-12	
Q (m³/h)	ΔP
128,02	0,077

Tabla 35. Caudal e incremento de presión del intercambiador E-432-12 en la simulación.

En la Imagen 48 se observa cómo queda el circuito en la simulación:

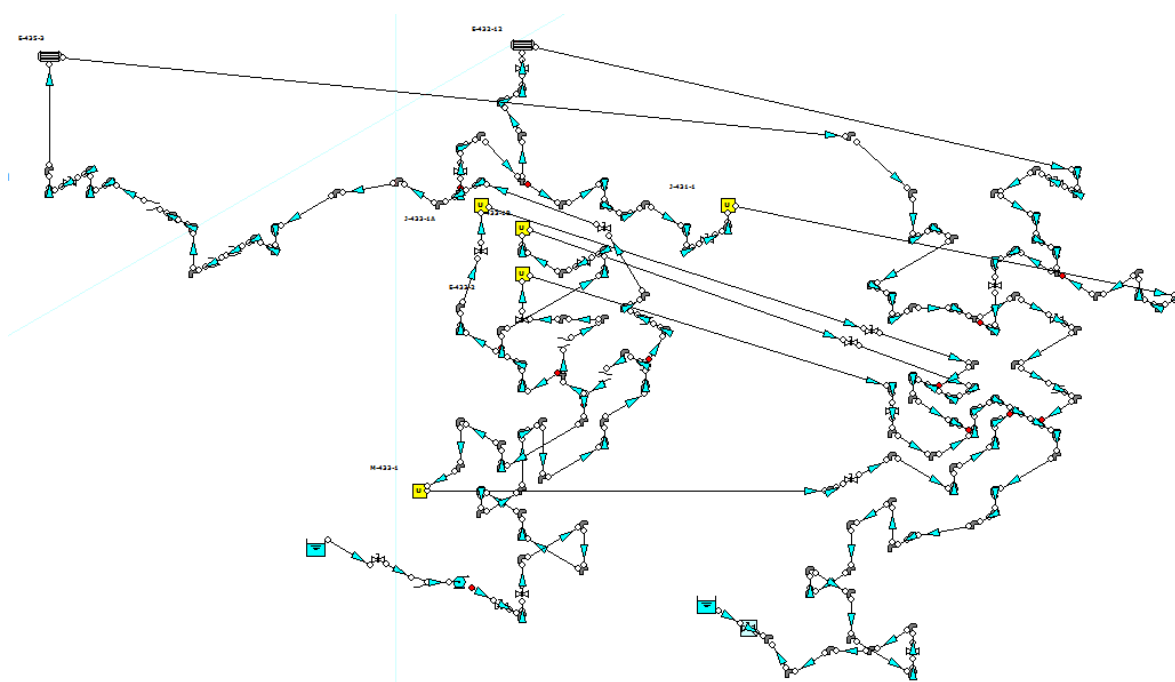


Imagen 48. Circuito con equipos conectados.

2.2.Red 1112 sin equipos

Las presiones reales de entrada y salida de cada equipo no se pudieron medir para la red 1112 sin los equipos, por lo que las presiones de entrada y salida serán las calculadas en la simulación, lo que conlleva que las curvas resistivas de los equipos que ahora están conectados a la red 1112 sean las mismas que las detalladas antes.

En la Imagen 49 se observa cómo queda el circuito en la simulación:

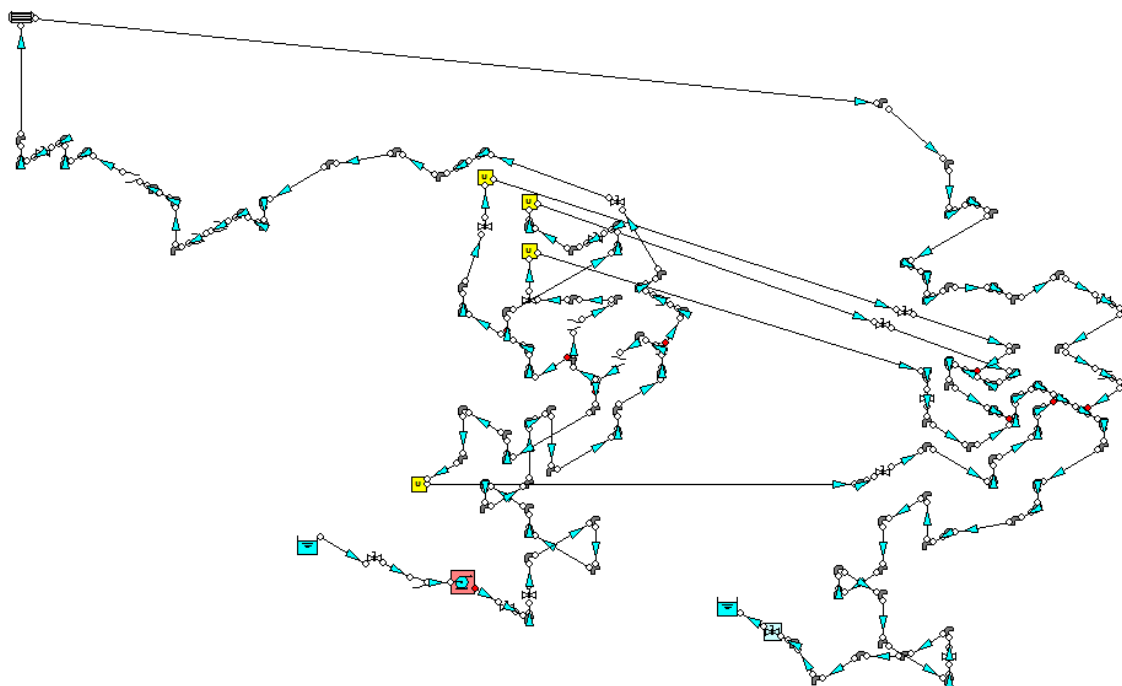


Imagen 49. Circuito sin equipos conectados.

3. ANÁLISIS DE SITUACIONES

En este apartado se va a realizar un estudio de las dos posibles situaciones en la red de refrigeración 1112, analizando los problemas existentes y lo que supone el funcionamiento de cada situación, plantear ventajas e inconvenientes de cada situación y llegar a determinar la situación más crítica.

3.1.Red de refrigeración 1112 sin equipos J-431-1 y E-432-12

- **Problema**

El principal problema que sucede en el circuito de refrigeración sin los equipos J-431-1 y E-432-12 es que la bomba centrífuga capaz de abastecer agua a los equipos consumidores presenta un sobredimensionamiento.

Para la justificación de que la bomba está sobredimensionada se tiene:

- La válvula posterior a la bomba de impulsión está actualmente un 30% abierta, o lo que es lo mismo un 70% cerrada. Por lo que se está reduciendo el caudal de impulsión y aumentando la presión de impulsión.

Válvula	Presión impulsión	Caudal impulsión
30 % abierta	3,9 kg/cm ²	1335 m ³ /h

Tabla 36. Datos reales de presión y caudal.

SIMULACIÓN		
Válvula	Presión impulsión	Caudal impulsión
30 % abierta	3,93 kg/cm ²	1335,82 m ³ /h

Tabla 37. Datos de simulación de presión y caudal.

- Aun estando la válvula al 30 %, la bomba proporciona más caudal del que debería. Ya que la bomba tendría que funcionar en el punto óptimo, es decir a 1200 m³/h.
- Ahora se va a considerar a que posición debería estar la válvula para proporcionar 1200 m³/h de caudal óptimo. Es decir, el punto donde se quiere que funcione la bomba ya que es el punto donde mayor rendimiento y eficiencia se extrae de la bomba.

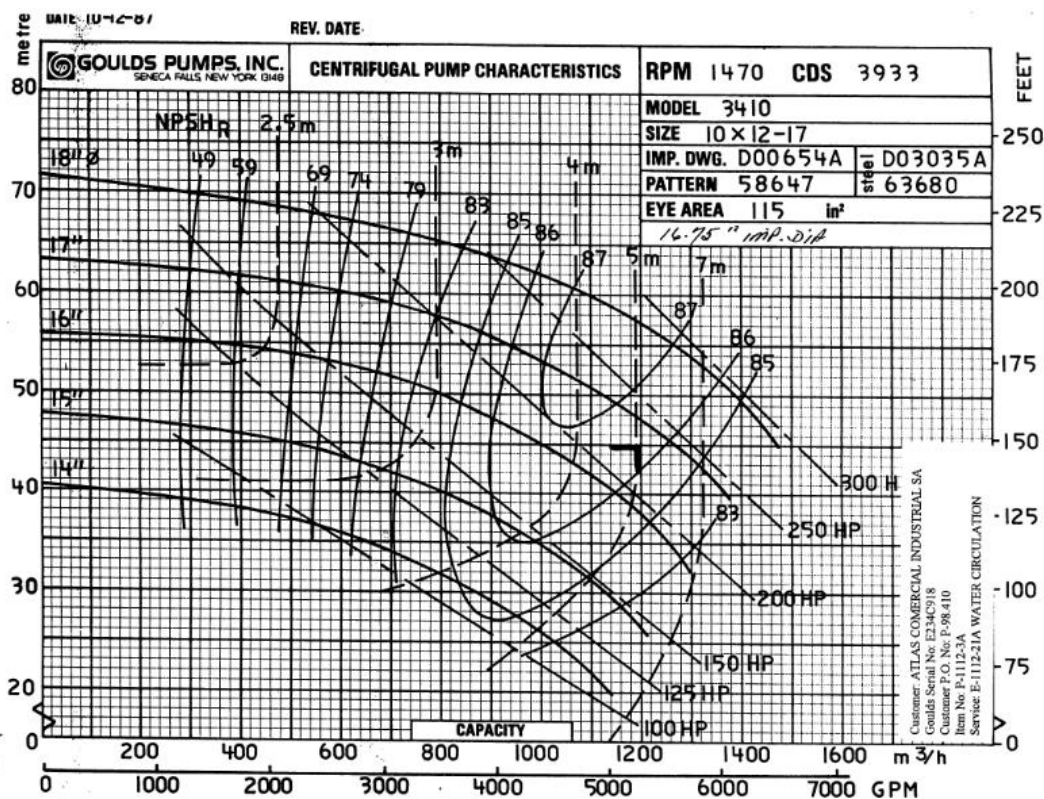


Imagen 50. Curva característica de la bomba centrífuga.

- Modificando la apertura de la válvula del 30% al 100% se observa que aumenta el caudal de impulsión y disminuye la presión.

SIMULACIÓN		
Válvula	Presión impulsión	Caudal impulsión
100 % abierta	3,908 kg/cm ²	1339,85 m ³ /h
30 % abierta	3,93 kg/cm ²	1335,82 m ³ /h

Tabla 38. Datos de simulación de presión y caudal para diferentes aperturas de válvula.

- **Que conlleva que la bomba esté sobredimensionada**

1. Al estar impulsando más caudal que el óptimo aparece que la bomba está gastando más energía, consume más, por lo que se traduce en una pérdida económica mayor (€).
2. Curvas resistivas para diferentes aperturas de la válvula.

Para determinar las curvas resistivas de todo el circuito para diferentes aperturas de válvula es necesario ir variando la apertura de la válvula y registrar mediante la simulación valores de pérdida de carga y de caudal.

VÁLVULA AL 30 % ABIERTA:

$$\Delta P = K Q^2$$

$$\Delta P = P_{\text{entrada válvula}} - P_{\text{retorno tanque}} = 4,036 - 0 = 4,036 \text{ kgf/cm}^2$$

$$Q = Q_{\text{válvula}} = 1335,6 \text{ m}^3/h$$

$$K = \frac{\Delta P}{Q^2} = \frac{4,036}{1335,6^2} = 2,26E^{-6}$$

En Excel se determinan los valores de la Tabla 39:

Q (m ³ /h)	ΔP
0	0
10	0,00022625
20	0,000905
30	0,00203625
40	0,00362
50	0,00565625
60	0,008145
70	0,01108625

Tabla 39. Valores de pérdida de carga para distintos caudales.

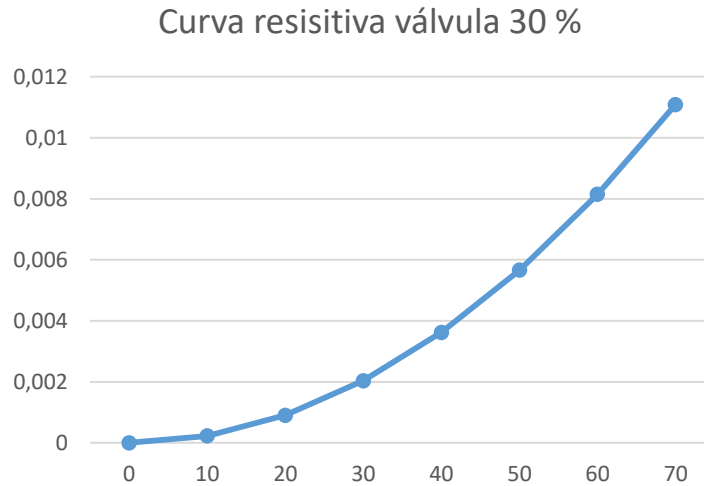


Imagen 51. Curva resistiva circuito con válvula al 30%.

VÁLVULA AL 100 % ABIERTA:

$$\Delta P = KQ^2$$

$$\Delta P = P_{\text{entrada válvula}} - P_{\text{retorno tanque}} = 4,015 - 0 = 4,015 \text{ kgf/cm}^2$$

$$Q = Q_{\text{válvula}} = 1339,62 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$K = \frac{\Delta P}{Q^2} = \frac{4,015}{1339,62^2} = 2,23e^{-6}$$

En Excel se determinan los valores de la Tabla 40:

Q (m³/h)	ΔP
0	0
10	0,00022373
20	0,00089492
30	0,00201357
40	0,00357968
50	0,00559325
60	0,00805428
70	0,01096277

Tabla 40. Valores de pérdida de carga para distintos caudales.

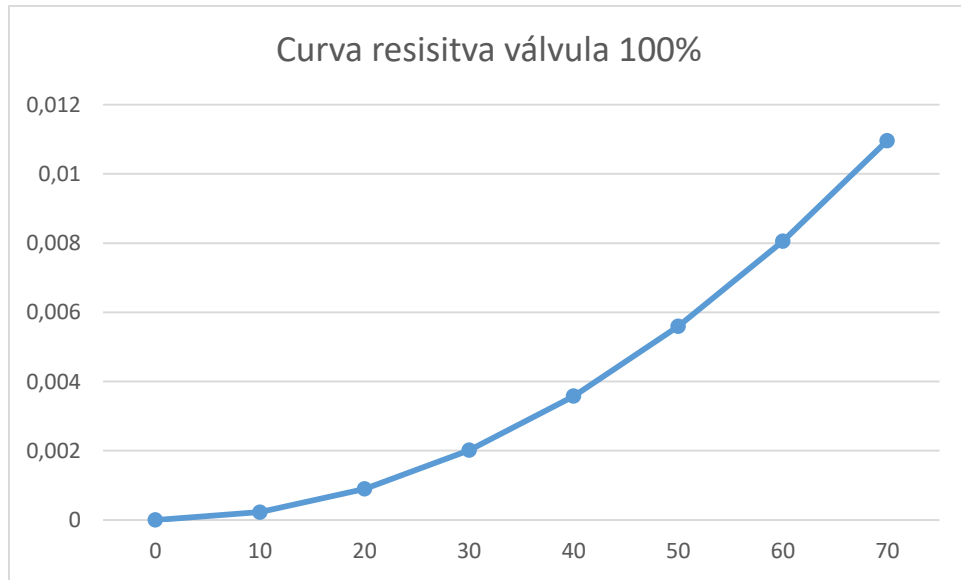


Imagen 52. Curva resistiva circuito con válvula al 100%.

En la Imagen 53 se muestran las curvas resistivas del circuito para diferentes aperturas de válvula:

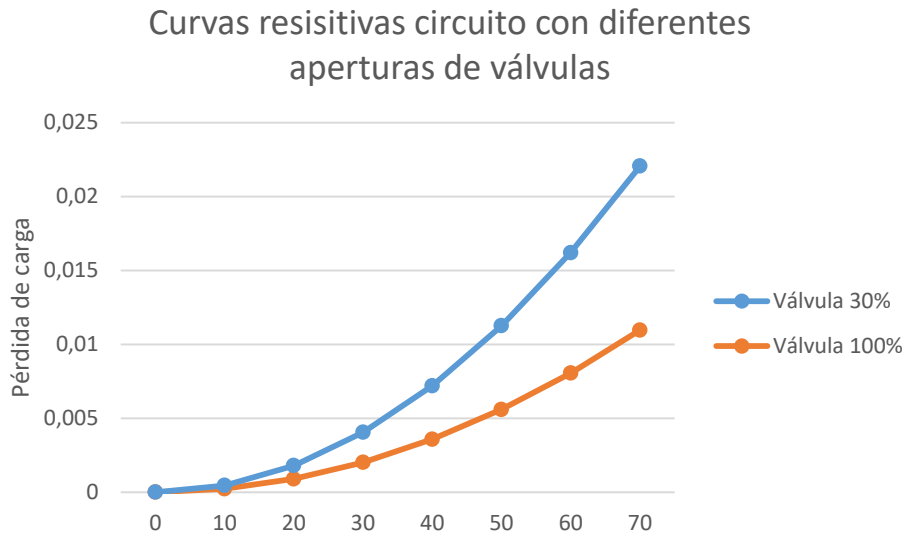


Imagen 53. Curvas resistivas circuito con válvula al 30% y al 100%.

Abriendo más la válvula la bomba gastará más. Esto se explica por qué cambia la potencia consumida de la bomba. Al abrir más la válvula el caudal que pasa es mayor por lo que se necesita más potencia de la bomba para impulsar todo ese caudal.

3. Punto de funcionamiento de la bomba

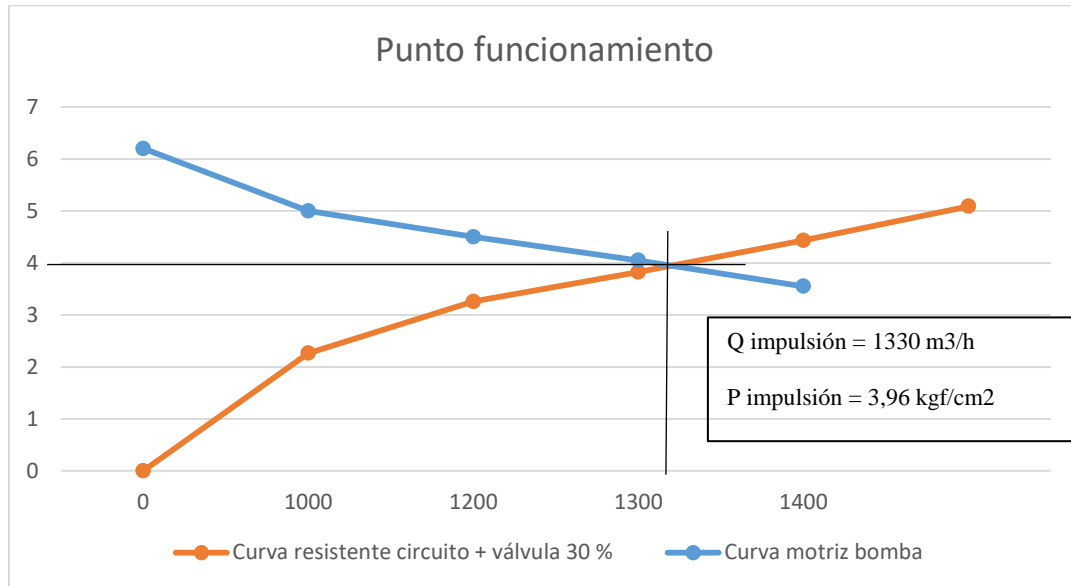


Imagen 54. Punto de funcionamiento de la bomba.

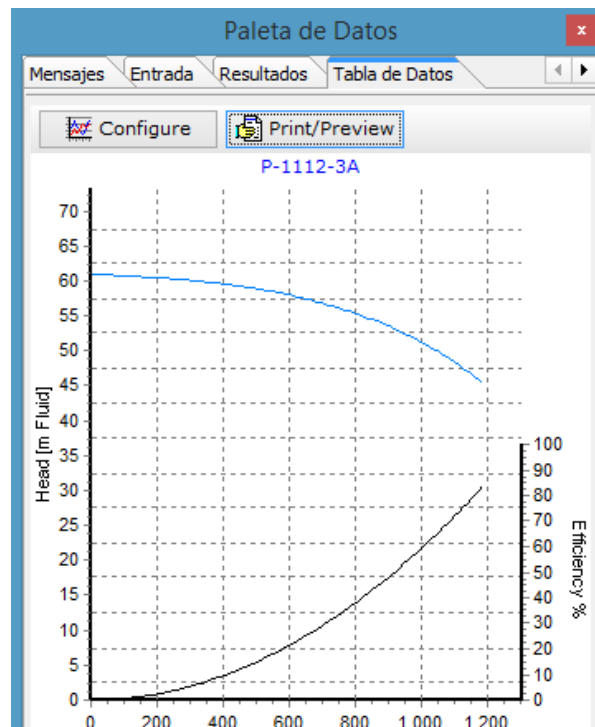


Imagen 55. Representación del punto de funcionamiento en Fluid Flow.

- Si parara la bomba, por avería o por cualquier otro motivo se pararía toda la zona de sulfato, produciendo unas pérdidas económicas considerables. Estaríamos hablando de 55600€ por cada parada al día.

3.2.Red de refrigeración 1112 con equipos J-431-1 y E-432-12

- **Problema**

El principal problema que sucede en el circuito de refrigeración con los equipos J-431-1 y E-432-12 es que la bomba centrífuga capaz de abastecer agua a los equipos consumidores presenta un sobredimensionamiento al igual que la situación anterior.

Para la justificación de que la bomba está sobredimensionada se tiene:

- La válvula posterior a la bomba de impulsión está actualmente un 30% abierta, o lo que es lo mismo un 70% cerrada. Por lo que se está reduciendo el caudal de impulsión y con ello la presión de impulsión.

Válvula	Presión impulsión	Caudal impulsión
30 % abierta	3,87 kg/cm ²	1345,37 m ³ /h

Tabla 41. Datos reales de presión y caudal.

SIMULACIÓN		
Válvula	Presión impulsión	Caudal impulsión
30 % abierta	3,874 kg/cm ²	1345,99 m ³ /h

Tabla 42. Datos de simulación de presión y caudal.

- Aun estando la válvula al 30 %, la bomba proporciona más caudal del que debería. Ya que la bomba tendría que funcionar en el punto óptimo, es decir a 1200 m³/h.
- Ahora se va a observar a que posición debería estar la válvula para proporcionar 1200 m³/h de caudal óptimo. Es decir, el punto donde se quiere que funcione la bomba ya que es en el punto donde mayor rendimiento y eficiencia se extrae de la bomba.

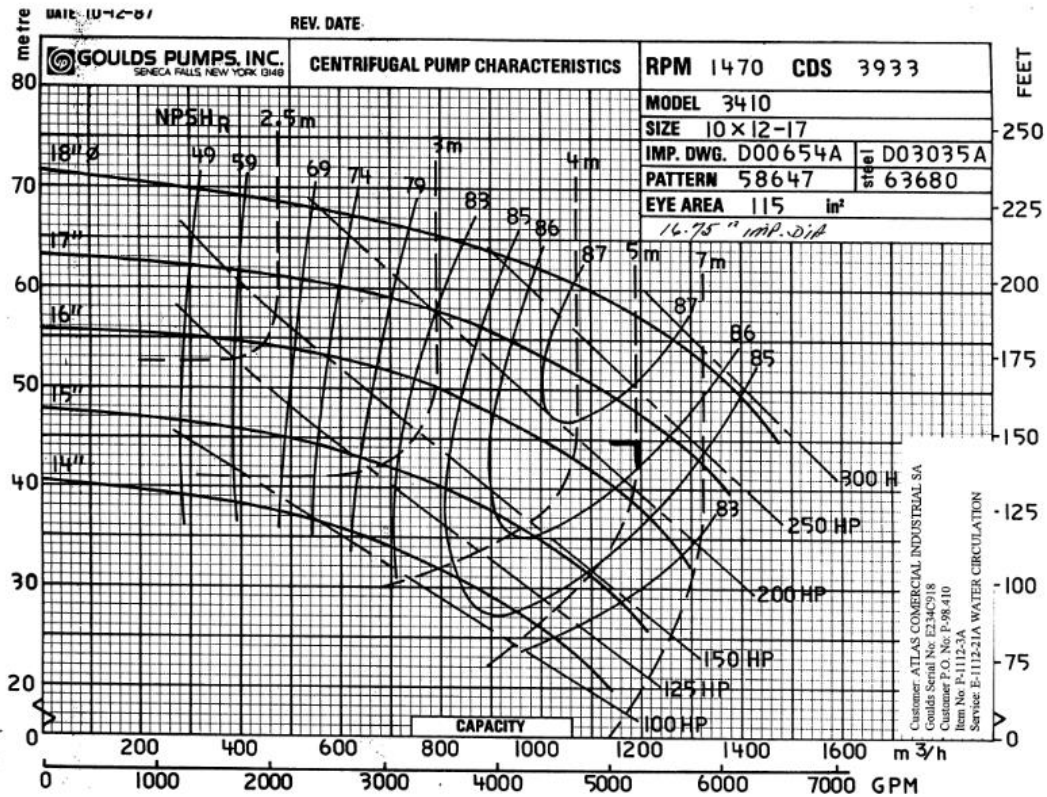


Imagen 56. Curva característica de la bomba centrífuga.

- Modificando la apertura de la válvula del 30% al 100% se observa que aumenta el caudal de impulsión y disminuye la presión.

Válvula	Presión impulsión	Caudal impulsión
100 % abierta	3,851 kg/cm ²	1350,08 m ³ /h
30 % abierta	3,874 kg/cm ²	1345,99 m ³ /h

Tabla 43. Datos de simulación de presión y caudal para diferentes aperturas de válvula.

En conclusión, para proporcionar el caudal óptimo se necesitaría tener la válvula casi cerrada, acción inequívoca de que la bomba va sobrada también con los dos equipos.

Que conlleva que la bomba esté infra dimensionada

1. Al estar impulsando más caudal que el óptimo aparece que la bomba está gastando más energía, consume más, por lo que se traduce en una pérdida económica mayor (€).
2. Curvas resistivas para diferentes aperturas de la válvula.

Para determinar las curvas resistivas de todo el circuito para diferentes aperturas de válvula es necesario ir variando la apertura de la válvula y registrar mediante la simulación valores de pérdida de carga y de caudal.

VÁLVULA AL 30 % ABIERTA:

$$\Delta P = KQ^2$$

$$\Delta P = P_{\text{entrada válvula}} - P_{\text{retorno tanque}} = 3,981 - 0 = 3,981 \text{ kgf/cm}^2$$

$$Q = Q_{\text{válvula}} = 1345,76 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$K = \frac{\Delta P}{Q^2} = \frac{3,981}{1345,76^2} = 2,19e^{-6}$$

En Excel se determinan los valores de la Tabla 44:

Q (m ³ /h)	ΔP
0	0
10	0,0002198
20	0,0008792
30	0,0019782
40	0,0035168
50	0,005495
60	0,0079128
70	0,0107702

Tabla 44. Valores de pérdida de carga para distintos caudales.

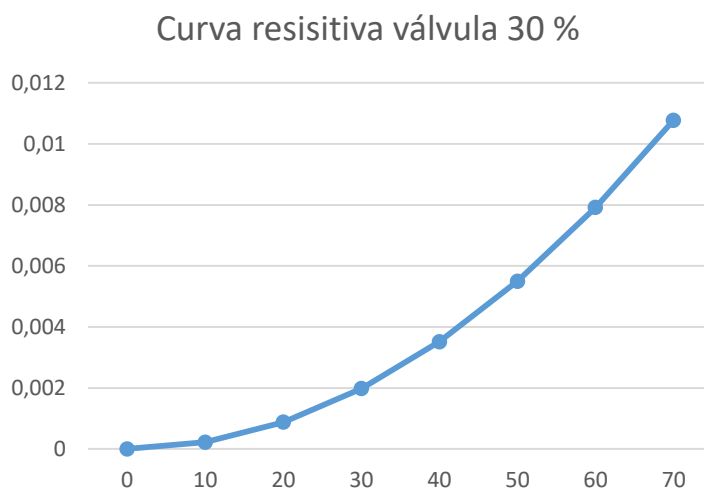


Imagen 57. Curva resistiva circuito con válvula al 30%.

VÁLVULA AL 100 % ABIERTA:

$$\Delta P = KQ^2$$

$$\Delta P = P_{\text{entrada válvula}} - P_{\text{retorno tanque}} = 3,959 - 0 = 3,959 \text{ kgf/cm}^2$$

$$Q = Q_{\text{válvula}} = 1349,85 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$K = \frac{\Delta P}{Q^2} = \frac{3,959}{1349,85^2} = 2,17e^{-6}$$

En Excel se determinan los valores de la Tabla 45:

Q (m ³ /h)	ΔP
0	0
10	0,0002172
20	0,0008688
30	0,0019548
40	0,0034752
50	0,00543
60	0,0078192
70	0,0106428

Tabla 45. Valores de pérdida de carga para distintos caudales.



Imagen 58. Curva resistiva circuito con válvula al 100%.

En la Imagen 59 se muestran las curvas resistivas del circuito para diferentes aperturas de válvula:

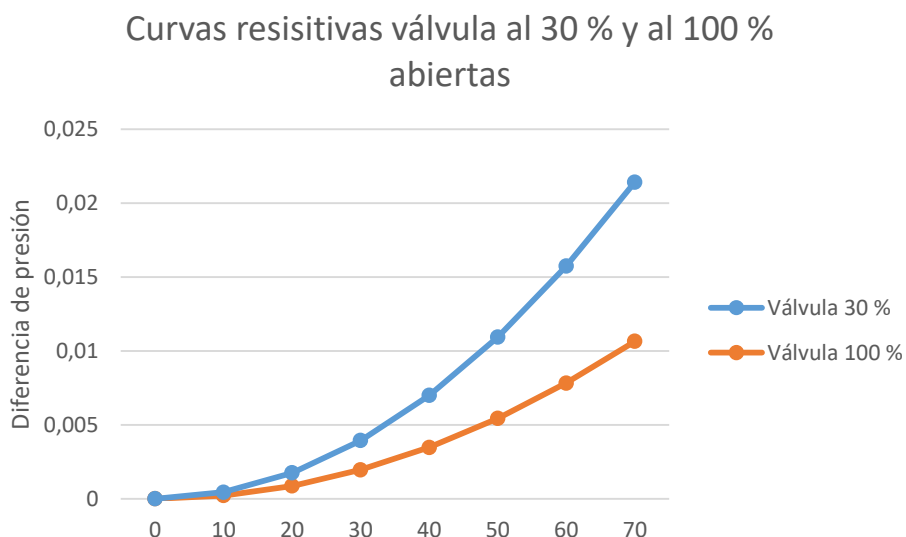


Imagen 59. Curvas resistivas circuito con válvula al 30% y al 100%.

Abriendo más la válvula la bomba gastará más. Esto se explica por qué cambia la potencia consumida de la bomba. Al abrir más la válvula el caudal que pasa es mayor por lo que se necesita más potencia de la bomba para impulsar todo ese caudal.

Al abrir la válvula al 100 % se consigue aumentar el caudal y con ello disminuir la presión de impulsión. Pero el objetivo no es aumentar el caudal, sino que se mantenga igual que cuando la válvula estaba al 30 % abierta, es por ello que no es viable abrir la válvula al 100 %. Las posibles soluciones a esto se tratarán en un apartado posterior.

3. Punto de funcionamiento de la bomba

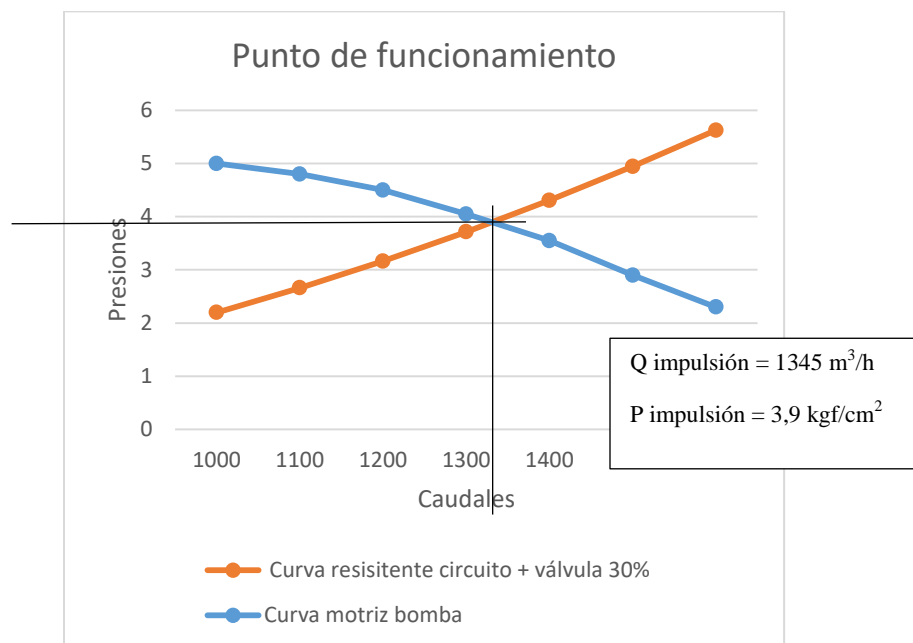


Imagen 60. Punto de funcionamiento de la bomba.

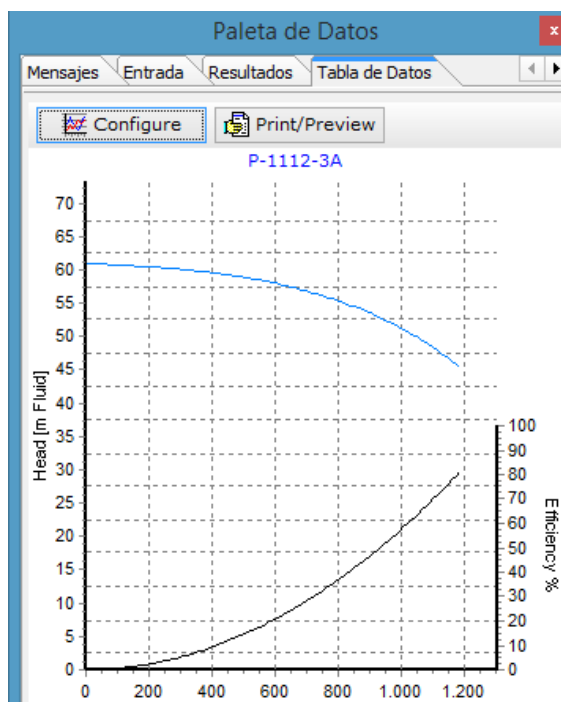


Imagen 61. Representación del punto de funcionamiento en Fluid Flow.

4. Si parara la bomba, por avería o por cualquier otro motivo se pararía toda la zona de sulfato, produciendo unas pérdidas económicas considerables. Estaríamos hablando de 55600€ por cada parada al día.

3.3.Ventajas e inconvenientes de cada situación

3.3.1. Red de refrigeración 1112 sin equipos J-431-1 y E-432-12- Situación 1

Inconvenientes

- Existe la posibilidad de que si se parara la bomba se tendrían pérdidas económicas considerables ya que para toda la unidad de sulfato. Se estaría hablando de alrededor de 55.600 €/día.
- Se carga más la red 1012, ya que tiene dos equipos más. La temperatura de retorno del 1012 empeoraría (le añades dos equipos más que aportan calor al circuito- la T de vuelta será más elevada).

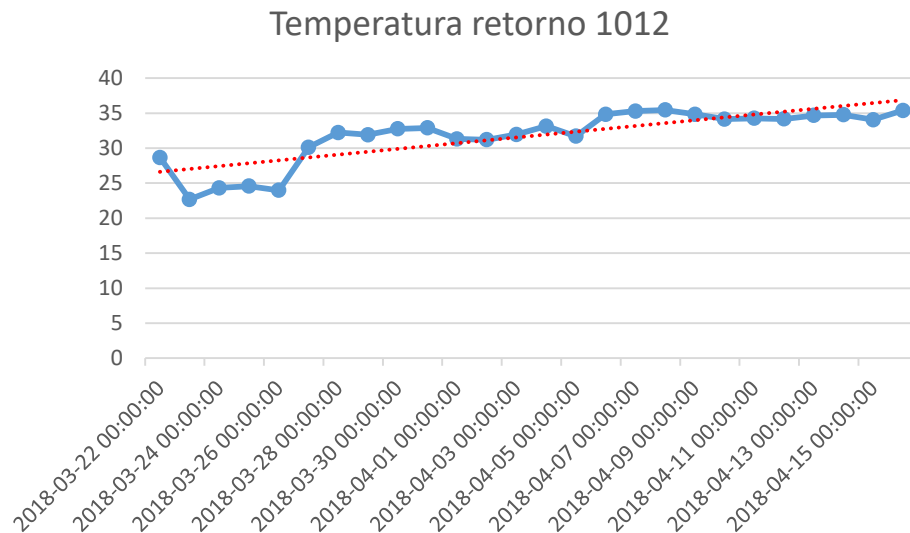


Imagen 62. Temperatura de retorno de la red 1012.

- En la red 1012 la torre de refrigeración con más carga o más temperatura de retorno no será capaz de mejorar el enfriamiento. Peor rendimiento la torre de refrigeración.

Como se sabe que el agua de retorno a la torre está más caliente se empeorará el rendimiento de la torre de refrigeración. Ya que al hacer el intercambio en la torre aumenta la diferencia de temperatura entre la de retorno y la de impulsión.

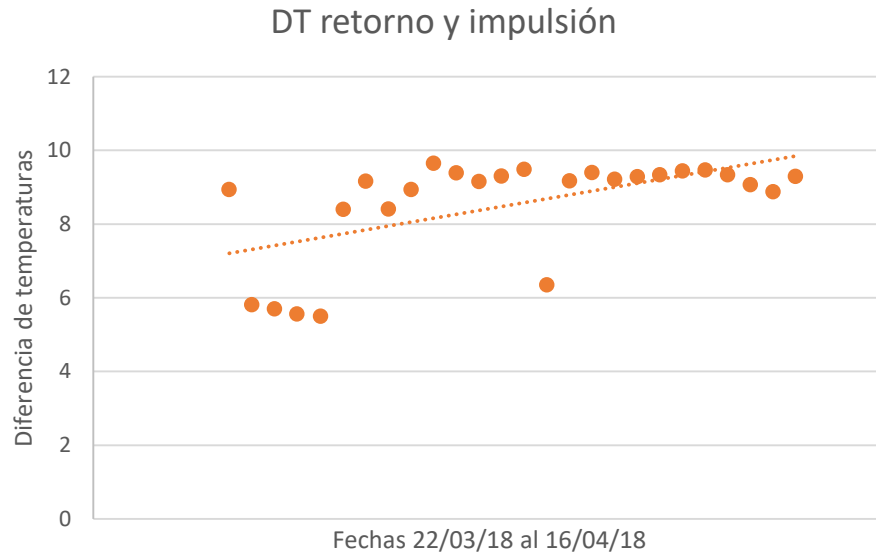


Imagen 63. Diferencia de temperaturas entre la impulsión y el retorno.

Ventajas

- Consumo de energía menor. Ahorro energético.

A continuación, se calcula el consumo de energía al año para esa bomba:

Consumo de energía (Kwh) = Potencia medida (Kw) x horas de funcionamiento (h)

Cálculo de la potencia:

$$P = \text{densidad} \times g \times Q \times H$$

$$\text{Rendimiento bomba} = \frac{P}{P_{real}}$$

$$P_{real} = \frac{\text{densidad} \times g \times Q \times H}{\text{Rendimiento bomba}} = \frac{1000 \times 9,81 \times \frac{1335,82}{3600} \times 39,3}{0,84} = 170.305,123 \text{ W} = 170,3 \text{ Kw}$$

Potencia bomba = 170,3 Kw

Horas de funcionamiento al año = 365 días/año – 14 días (parada por mantenimiento) = 351 días/año = 8424h/año

Consumo de energía (kWh/año) = Potencia medida (Kw) x horas de funcionamiento (h/año) = 170,3 x 8424 = **1.434.607,2 kWh/año**

Ahorro energético = 1.442.142,65 kWh/año - 1.434.607,2 kWh/año = **7.535,45 kWh/año**

- Coste de energía al año menor. Ahorro económico.

Coste por consumo de energía anual (€) = Consumo de energía anual (kWh) x coste (€/kWh).

De la factura se extraería el valor del coste del kWh.

$\text{Coste (€)} = a \times \text{Potencia (KW/año)} + b \times \text{Energía (kWh/año)} = \text{coste 1 (€/año)} + \text{coste 2 (€/año)}$
--

Los parámetros a y b se extraen de la factura, digamos son valores fijados por Iberdrola.

Importe por potencia contratada:

- Coste 1 (€) = Potencia contratada (Kw/año) x Coste potencia (valor ‘a’’) (€/Kw) = 170,3 Kw/año x 0,120455 €/Kw = 20,51€/año

Extrayendo el coste de la potencia de una factura de Endesa.

- Coste 2 (€) = Energía (kWh/año) x Coste energía (€/kWh) = 1.434.607,2 kWh/año x 0,08 €/kWh = 114.768,576 €/año

El coste de la energía sería aproximadamente de 80€/MWh, lo que equivale a 0,08€/kWh. Añadiendo impuestos.

Coste (para 1335,82 de caudal) (€) = Coste 1 (€/año) + Coste 2 (€/año) = 20,51 €/año + 114.768,576 €/año = **114.789,08 €/año**

Ahorro económico = 115.392,032 €/año - 114.789,08 €/año = **602,952 €/año**

- Como se ve en la gráfica anterior en la red 1112 la torre de refrigeración tiene menos carga o menos temperatura el agua de retorno por lo que será capaz de mejorar el enfriamiento. Mejor rendimiento de la torre de refrigeración.

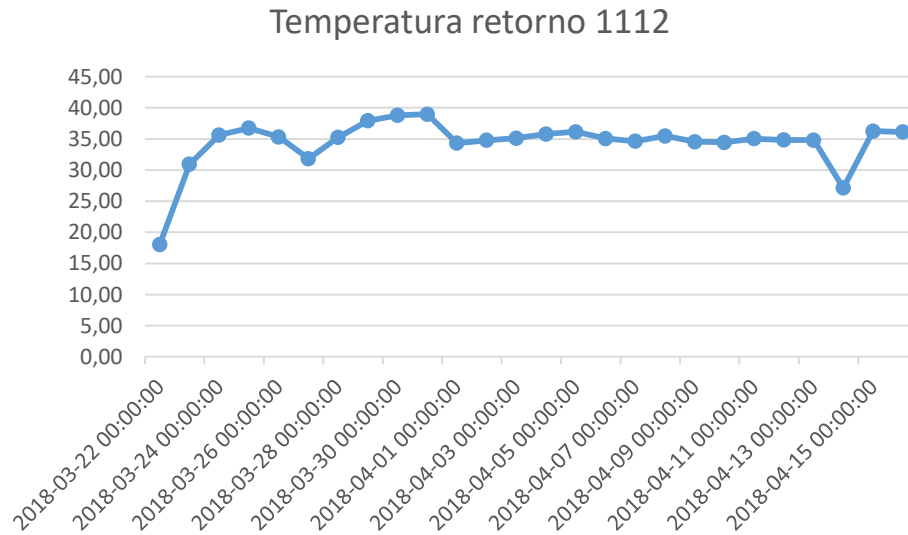


Imagen 64. Temperatura de retorno de la red 1112.

Como se sabe que el agua de retorno a la torre está más fría se mejorará el rendimiento de la torre de refrigeración. Ya que al hacer el intercambio en la torre es baja la diferencia de temperatura entre la de retorno y la de impulsión.

- Ahorro económico debido a que las temperaturas de retorno del agua son menores y por tanto la evaporación del agua en la torre será menor. Esto implica que no se tendrá que reponer tanta agua como en la situación 2.

Ahorro económico (De usar la situación 1 a la 2) = Coste 2 - Coste 1 = 280,8 €/día - 244,8 €/día = **36 €/día**

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de energía menor con respecto a la red 1112 con los equipos conectados. Ahorro energético. - Coste de energía al año menor con respecto a la red 1112 con los equipos conectados. Ahorro económico. - En la red 1112 la torre de refrigeración con menos carga o menos temperatura de retorno será capaz de mejorar el enfriamiento. Mejor rendimiento la torre de refrigeración. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida energética debido al no funcionamiento de la bomba en su punto óptimo. - Pérdida económica debido a que la bomba está gastando más energía. - Posible problema de si se para la bomba se para sulfato. Conllevaría elevadas pérdidas económicas. - Se carga más la red 1012, ya que tiene dos equipos más. La temperatura de retorno del 1012 empeoraría (le añades dos equipos más que aportan calor al circuito- la T de vuelta será más elevada). - En la red 1012 la torre de refrigeración con más carga o más temperatura de retorno no será capaz de mejorar el enfriamiento. Peor rendimiento la torre de refrigeración.

Tabla 46. Ventajas e inconvenientes de la situación 1.

3.3.2. Red de refrigeración 1112 con equipos J-431-1 y E-432-12

Inconvenientes

- Mayor consumo de energía con respecto a la situación 1. Pérdida energética.

Para el cálculo del consumo de energía al año para esa bomba se procede de la misma forma que el apartado anterior para la red 1112 sin los dos equipos:

Cálculo de la potencia:

$$P = \text{densidad} \times g \times Q \times H$$

$$\text{Rendimiento bomba} = \frac{P}{P_{\text{real}}}$$

$$P_{real} = \frac{\text{densidad} \times g \times Q \times H}{\text{Rendimiento bomba}} = \frac{1000 \times 9,81 \times \frac{1345,99}{3600} \times 38,74}{0,83}$$

$$= 171.194,52 \text{ W} = 171,19 \text{ Kw}$$

A continuación, se calcula el consumo de energía al año para esa bomba:

Consumo de energía (Kwh) = Potencia medida (Kw) x horas de funcionamiento (h)

Potencia bomba = 171,19 Kw

Horas de funcionamiento al año = 365 días/año – 14 días (parada por mantenimiento) = 351 días/año = 8424h/año

Consumo de energía (kWh/año) = Potencia medida (Kw) x horas de funcionamiento (h/año) = 171,19 x 8424 = **1.442.142,65 kWh/año**

Pérdida energética = 1.434.607,2 kWh/año - 1.442.142,65 kWh/año = **-7.535,45 kWh/año**

- Coste de la energía al año mayor respecto a la situación 1. Pérdida económica.
Coste por consumo de energía anual (€) = Consumo de energía anual (kWh) x coste (€/kWh).

De la factura se extraería el valor del coste del kWh.

$\text{Coste (€)} = a \times \text{Potencia (KW/año)} + b \times \text{Energía (kWh/año)} = \text{coste 1 (€/año)} + \text{coste 2 (€/año)}$
--

Los parámetros a y b se extraen de la factura, digamos son valores fijados por Iberdrola.

Importe por potencia contratada:

- Coste 1 (€) = Potencia contratada (Kw/año) x Coste potencia (valor ‘a’) (€/Kw) = 171,19 Kw/año x 0,120455 €/Kw = 20,62 €/año

Extrayendo el coste de la potencia de una factura de Endesa.

- Coste 2 (€) = Energía (kWh/año) x Coste energía (€/kWh) = 1.442.142,65 kWh/año x 0,08 €/kWh = 115.371,412 €/año

El coste de la energía sería aproximadamente de 80€/MWh, lo que equivale a 0,08€/kWh. Añadiendo impuestos.

Coste (para 1345,99 de caudal) (€) = Coste 1 (€/año) + Coste 2 (€/año) = 20,62 €/año + 115.371,412 €/año = **115.392,032 €/año**

Pérdida económica = 114.789,08 €/año - 115.392,032 €/año = **- 602,952 €/año**

- Existe la posibilidad de que si se parara la bomba se tendrían pérdidas económicas considerables ya que para toda la unidad de sulfato. Se estaría hablando de alrededor de 55.600 €/día.
- La temperatura de salida del equipo E-432-12 era muy alta ($>50^{\circ}\text{C}$) por lo que se estimaba que la presión y el caudal que llegaba al equipo no era suficiente.
- Aparecían problemas a la hora de mantener el vacío en el eyector J-431-1. Con un mayor caudal el eyector funcionaría mejor.
- Se carga más la red 1112, ya que se conectan dos equipos más. La temperatura de retorno del 1112 aumenta lo que empeoraría la situación (le añades dos equipos más que aportan calor al circuito- la T de vuelta será más elevada):

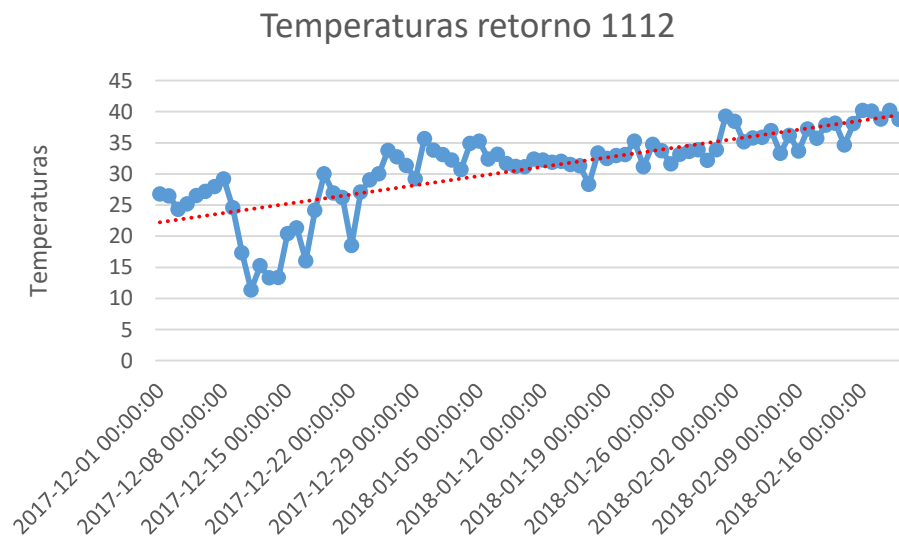


Imagen 65. Temperatura de retorno de la red 1112.

Se observa que a partir de principios de año que es cuando se conectan los equipos E-432-12 y J-431-1, por lo que como se ve en la gráfica la temperatura de retorno aumenta proporcionalmente.

- En la red 1112 la torre de refrigeración con más carga o más temperatura de retorno no será capaz de mejorar el enfriamiento. Peor rendimiento la torre de refrigeración:

Como se sabe que el agua de retorno a la torre está más caliente se empeorará el rendimiento de la torre de refrigeración. Ya que al hacer el intercambio en la torre se aumenta la diferencia de temperatura entre la de retorno y la de impulsión.

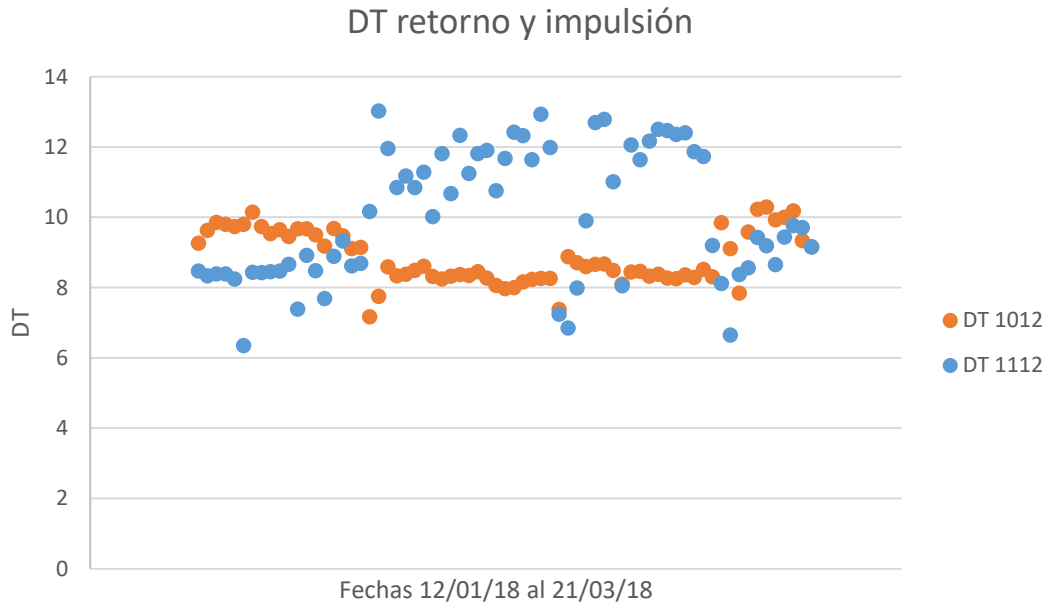


Imagen 66. Diferencia de temperaturas entre la impulsión y el retorno.

- Con temperaturas de retorno mayores la evaporación del agua en la torre será mayor. Esto implica que se tendrá que reponer más agua:

Con temperaturas de retorno mayores la evaporación del agua en la torre será mayor. Esto implica que se tendrá que reponer más agua al circuito con un impacto directo en los m³/h del agua que se consume en la unidad 1112. Para evaluar el incremento de agua de reposición en la unidad se miran los registros del medidor del agua de reposición/agua FW que se ponían a la unidad con los equipos conectados a la red 1112.

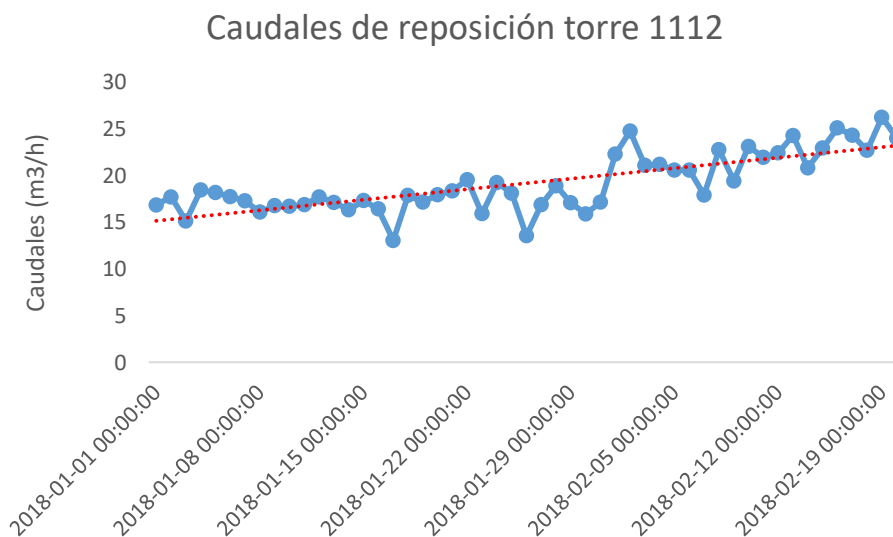


Imagen 67. Caudales de reposición de la torre de refrigeración de la red 1112.

La diferencia media de m³/h se pasa a €/h teniendo en cuenta que el agua industrial en Castellón puede costar aproximadamente en torno a los 0,60 €/m³.

Caudales reposición situación 1 (m ³ /h)
16.8764267
17.72138405
15.13616753
18.46649551
18.19202614
17.75834084
17.29244804
16.10117912
16.78399277
16.70737457
16.88515663
16.8764267

Tabla 47. Caudales de reposición en situación 1.

La media de caudales de reposición en la situación 1 (sin equipos conectados) es de 17 m³/h.

Horas de funcionamiento al día: 24h/día

$$17 \text{ m}^3/\text{h} \times 24\text{h}/\text{día} = 408 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Coste 1} = 408 \text{ m}^3/\text{día} \times 0,6 \text{ €/m}^3 = \mathbf{244,8 \text{ €/día}}$$

Caudales reposición situación 2 (m ³ /h)
17.719944
17.13982773
16.33844566
17.32837486
16.43491173
13.05828381
17.88085175
17.18449783
17.94901085
18.37171173
19.58400726
15.9343071
19.25500107
18.13267899
13.55686378
16.88394165
18.92608643
17.09409714
15.91164589
17.16011238
22.29346657
24.76519775
21.09827232
21.19875336
20.58261108
20.59833908
17.93407059
22.77840614
19.44667053
23.1206398
21.97675705
22.4413929
24.29881096
20.85219574
22.95023918
25.10998917

Tabla 48. Caudales de reposición en situación 2.

La media de caudales de reposición en la situación 2 (con equipos conectados) es de 19,5 m³/h.

Horas de funcionamiento al día: 24h/día

$$19,5 \text{ m}^3/\text{h} \times 24\text{h/día} = 468 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Coste 2} = 468 \text{ m}^3/\text{día} \times 0,6 \text{ €/m}^3 = \mathbf{280,8 \text{ €/día}}$$

Pérdida económica (De usar la situación 2 a la 1) = Coste 1 - Coste 2 = 244,8 €/día - 280,8 €/día = **-36 €/día**

- Con temperaturas elevadas también es necesario añadir más químicos antiincrustantes al agua:

De no ser así las sales disueltas en el agua precipitan y se incrustan en los intercambiadores de proceso. Es el riesgo que teníamos con el E-432-12 en el que con temperaturas localizadas >50°C corremos el riesgo que los tubos por los que pasara el CW empiezan a haber mayores deposiciones cálcicas. No tendrá un efecto económico inmediato, pero irá empeorando progresivamente la refrigeración porque habrá una capa de sales entre fluido-refrigerante.

Ventajas

- La temperatura de retorno de la red 1012 será menor ya que se desconectan dos equipos y por tanto no consumen a esa red.

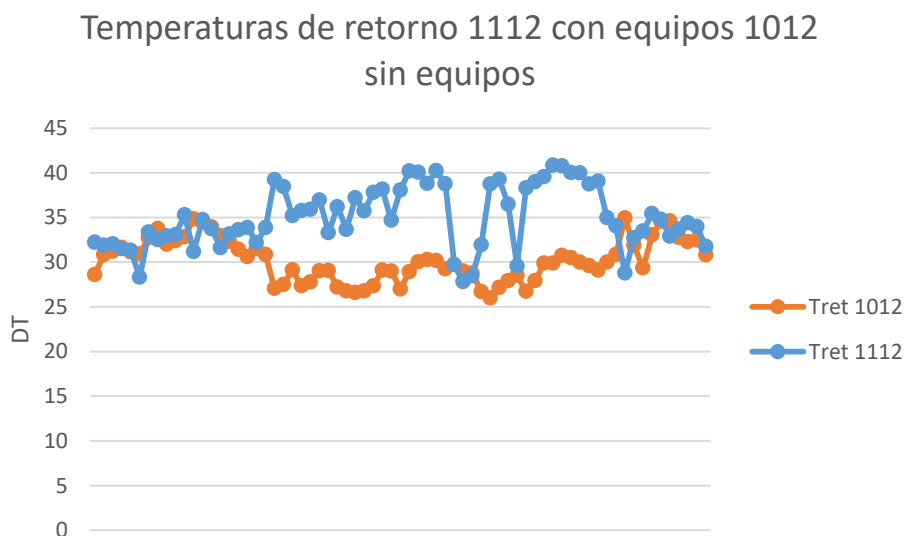


Imagen 68. Temperaturas de retorno de la torre de la red 1112 con equipos con respecto a la torre de la red 1012 sin equipos.

- En la red 1012 la torre de refrigeración con menos carga o menos temperatura de retorno será capaz de mejorar el enfriamiento. Mejor rendimiento la torre de refrigeración:

Como se sabe que el agua de retorno a la torre está más fría se mejorará el rendimiento de la torre de refrigeración. Ya que al hacer el intercambio en la torre se disminuye la diferencia de temperatura entre la de retorno y la de impulsión.

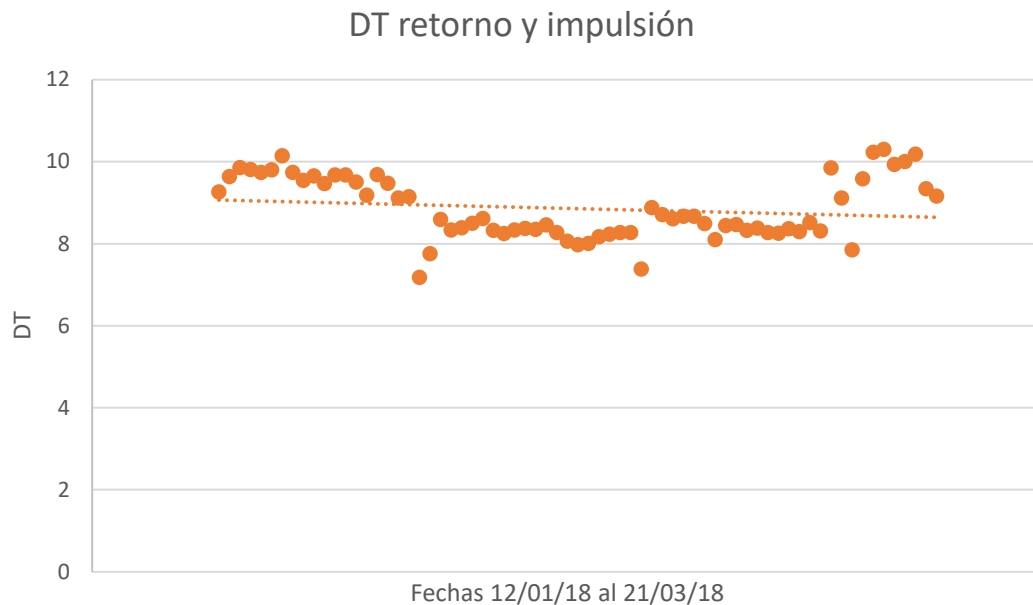


Imagen 69. Diferencia de temperaturas entre la impulsión y el retorno.

- AHORRO ENERGÉTICO AL NO USAR LAS BOMBAS P-11AX Y P12:

P-11AX

Potencia P-11AX = 60CV = 44,130 kW

Horas de funcionamiento al año = 365 días/año – 14 días (parada por mantenimiento) = 351 días/año = 8424h/año

Consumo de energía (kWh/año) = Potencia medida (kW) x horas de funcionamiento (h/año) = 44,130 x 8424 = **371.751,120 kWh/año**

Coste por consumo de energía anual (€) = Consumo de energía anual (kWh) x coste (€/kWh).

$$\text{Coste (€/año)} = a \times \text{Potencia (KW/año)} + b \times \text{Energía (kWh/año)}$$

Los parámetros a y b se extraen de la factura, digamos son valores fijados por Iberdrola.

$$\text{Coste (€)} = a \times \text{Potencia (KW/año)} + b \times \text{Energía (kWh/año)} = \text{coste 1 (€/año)} + \text{coste 2 (€/año)}$$

Los parámetros a y b se extraen de la factura, digamos son valores fijados por Iberdrola.

Importe por potencia contratada:

$$\begin{aligned} - \text{ Coste 1 (€)} &= \text{Potencia contratada (kW/año)} \times \text{Coste potencia (valor 'a')} (\text{€/kW}) = \\ &44,130 \text{ kW/año} \times 0,120455 \text{ €/kW} = 5,31568 \text{ €/año} \end{aligned}$$

Extrayendo el coste de la potencia de una factura de Endesa.

$$\begin{aligned} - \text{ Coste 2 (€)} &= \text{Energía (kWh/año)} \times \text{Coste energía (€/kWh)} = 371.751,120 \text{ kWh/año} \\ &\times 0,08 \text{ €/kWh} = 29.740,1 \text{ €/año} \end{aligned}$$

Según me dice el ingeniero de procesos de Ube el coste de la energía sería aproximadamente de 80€/MWh, lo que equivale a 0,08€/kWh. Añadiendo impuestos.

$$\text{Coste (€)} = \text{Coste 1 (€/año)} + \text{Coste 2 (€/año)} = 5,31568 \text{ €/año} + 29.740,1 \text{ €/año} = \underline{\underline{29.745,4 \text{ €/año}}}$$

El ahorro energético de la bomba 11AX será de 29.745,4 €/año, ya que no estará en funcionamiento.

P-12

$$\text{Potencia P-12} = 25\text{CV} = 18,388 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} \text{Horas de funcionamiento al año} &= 365 \text{ días/año} - 14 \text{ días (parada por mantenimiento)} = \\ &351 \text{ días/año} = 8424 \text{ h/año} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo de energía (kWh/año)} &= \text{Potencia medida (kW)} \times \text{horas de} \\ &\text{funcionamiento (h/año)} = 18,388 \times 8424 = \underline{\underline{154.900,512 \text{ kWh/año}}} \end{aligned}$$

Coste por consumo de energía anual (€) = Consumo de energía anual (kWh) x coste (€/kWh).

$$\text{Coste (€/año)} = a \times \text{Potencia (KW/año)} + b \times \text{Energía (kWh/año)}$$

Los parámetros a y b se extraen de la factura, digamos son valores fijados por Iberdrola.

$$\text{Coste (€)} = a \times \text{Potencia (KW/año)} + b \times \text{Energía (kWh/año)} = \text{coste 1 (€/año)} + \text{coste 2 (€/año)}$$

Los parámetros a y b se extraen de la factura, digamos son valores fijados por Iberdrola.

Importe por potencia contratada:

- Coste 1 (€) = Potencia contratada (kW/año) x Coste potencia (valor ‘a’’) (€/kW) = 18,388 kW/año x 0,120455 €/kW = 2,215 €/año

Extrayendo el coste de la potencia de una factura de Endesa.

- Coste 2 (€) = Energía (kWh/año) x Coste energía (€/kWh) = 154.900,512 kWh/año x 0,08 €/kWh = 12.392, 041 €/año

Según me dice el ingeniero de procesos de Ube el coste de la energía sería aproximadamente de 80€/MWh, lo que equivale a 0,08€/kWh. Añadiendo impuestos.

Coste (€) = Coste 1 (€/año) + Coste 2 (€/año) = 2,215 €/año + 12.392,041 €/año = **12.394,256 €/año**

El ahorro energético de la bomba 12 será de 12.394,256 €/año, ya que no estará en funcionamiento.

El ahorro económico de las dos bombas al estar paradas será de 42.139,656 €/año.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> - Alivio de la red 1012. La temperatura de retorno del 1012 mejora y será más baja. - En la red 1012 la torre de refrigeración con menos carga o menos temperatura de retorno será capaz de mejorar el enfriamiento. Mejor rendimiento la torre de refrigeración - Parada de las bombas P-11AX y P12. Ahorro energético ya que no consumirán. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida energética debido al no funcionamiento de la bomba en su punto óptimo. - Pérdida económica debido a que la bomba está gastando más energía. - Mayor consumo de energía con respecto a la red sin los equipos. Pérdida energética. - El equipo E-433-2 se lleva mucho caudal, por lo que no llega suficiente a los otros equipos. - Coste de la energía al año mayor respecto a la red sin los equipos. Pérdida económica. - Posible problema de si se para la bomba se para sulfato. Conllevaría pérdidas económicas graves. - Se tendrían dos bombas P-11AX y la P-12 paradas sin funcionamiento. - La temperatura de salida del equipo E-432-12 era muy alta (>50°C), por lo que se estimaba que la presión y el caudal que

	<p>llegaba al equipo no era suficiente.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aparecían problemas a la hora de mantener el vacío en un equipo. - Se carga más la red 1112, ya que se conectan dos equipos más. La temperatura de retorno del 1112 empeoraría (le añades dos equipos más que aportan calor al circuito- la T de vuelta será más elevada). - En la red 1112 la torre de refrigeración con más carga o más temperatura de retorno no será capaz de mejorar el enfriamiento. Peor rendimiento la torre de refrigeración. - Con temperaturas de retorno mayores la evaporación del agua en la torre será mayor. Esto implica que se tendrá que reponer más agua. Pérdida económica. - Con temperaturas elevadas también es necesario añadir más químicos antiincrustantes al agua.
--	---

Tabla 49. Ventajas e inconvenientes de la situación 2.

3.4.Propuestas a la situación 2

- **PROPUESTA 1:** Bomba nueva (con válvula 100% abierta) en paralelo + Bomba vieja

Para sustituir la bomba se necesitaría saber a qué caudal y presión tendría que proporcionar la bomba para que la válvula estuviera completamente abierta. Según la simulación:

Válvula	Presión impulsión	Caudal impulsión
100 % abierta	3,851 kg/cm ²	1350,08 m ³ /h
30 % abierta	3,874 kg/cm ²	1345,99 m ³ /h

Tabla 50. Presiones y caudales para cada diferentes aperturas de la válvula.

Según la simulación, se necesitaría un caudal de 1350 m³/h para la válvula abierta al 100 %. Para ese caudal se corresponde una presión de impulsión de 3,85 kg/cm².

Ahora se calcula el caudal y presión necesaria mediante las curvas resistentes del circuito y mediante la curva motriz de la bomba:

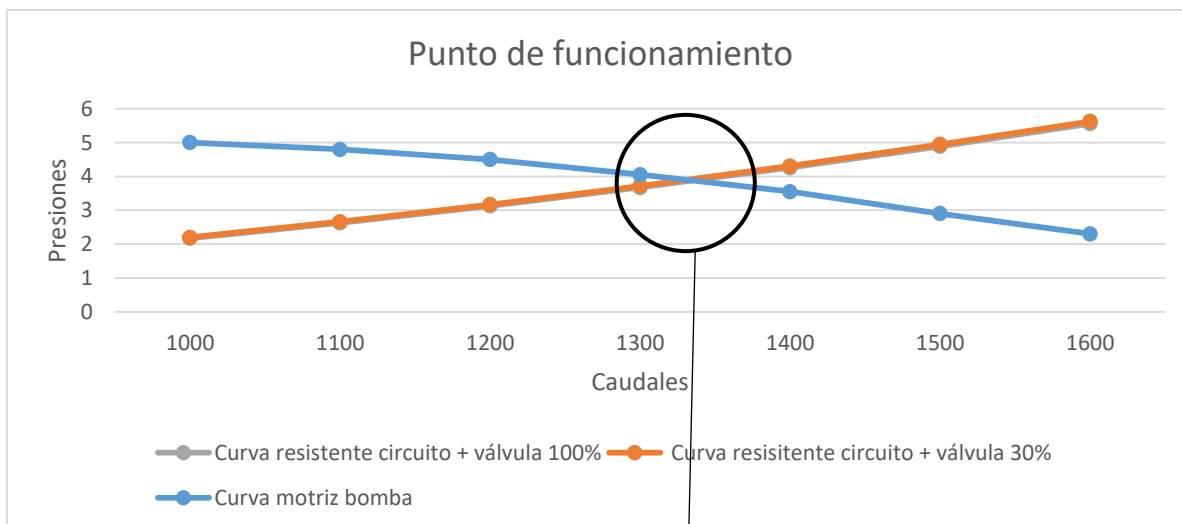


Imagen 70. Punto de funcionamiento de la bomba para las diferentes curvas resistivas de la red.

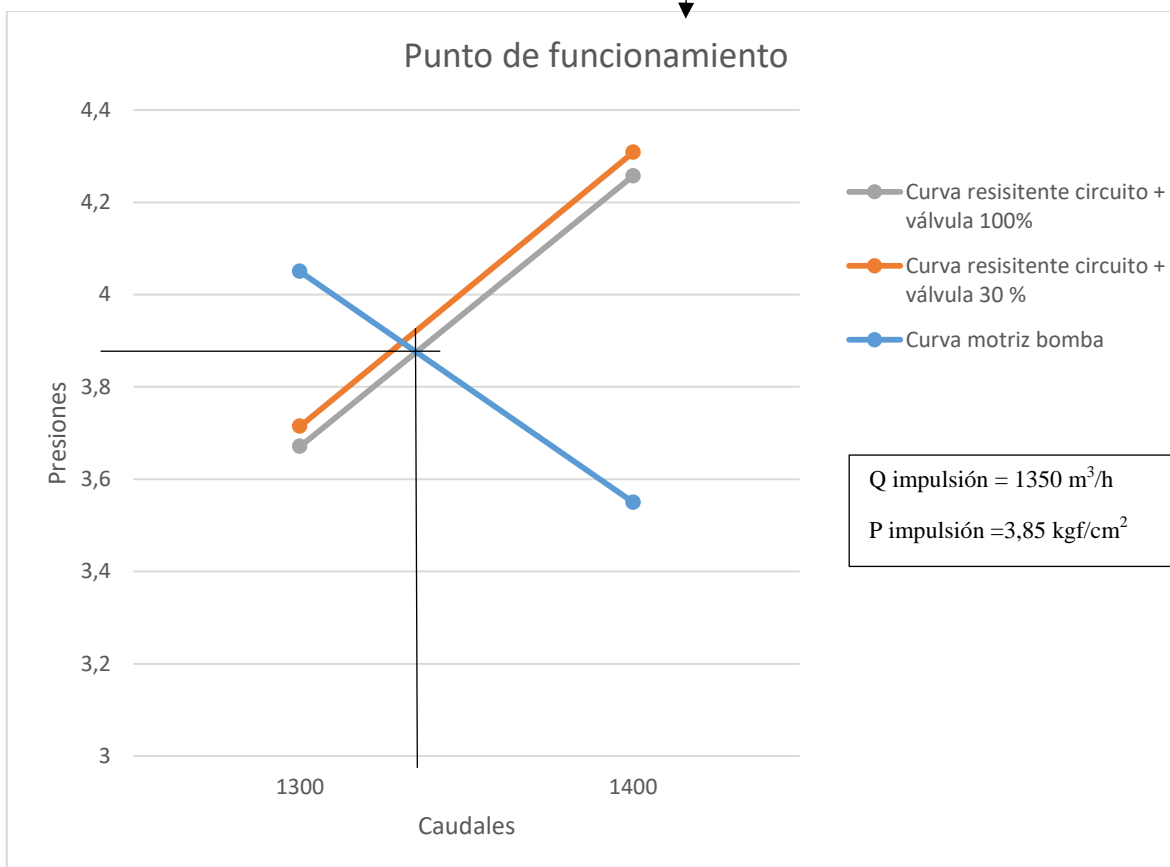


Imagen 71. Punto de funcionamiento de la bomba para la curva resistiva de la red con la válvula al 100% abierta.

Según las curvas, se necesitaría un caudal de 1350 m³/h para la válvula abierta al 100 %. Para ese caudal se corresponde una presión de impulsión de 3,85 kgf/cm².

La nueva bomba tendrá que tener su punto óptimo en un caudal de impulsión de 1350 m³/h y una presión de impulsión de 3,85 kgf/cm².

A continuación, se observa la imagen de las características de la bomba centrífuga instalada actualmente, en concreto se puede ver en el eje de abscisas el caudal en m³/h que la bomba es capaz de suministrar y en el eje de ordenadas la altura manométrica en metros, es decir el desnivel existente entre el nivel mínimo de aspiración y el punto más alto de impulsión.

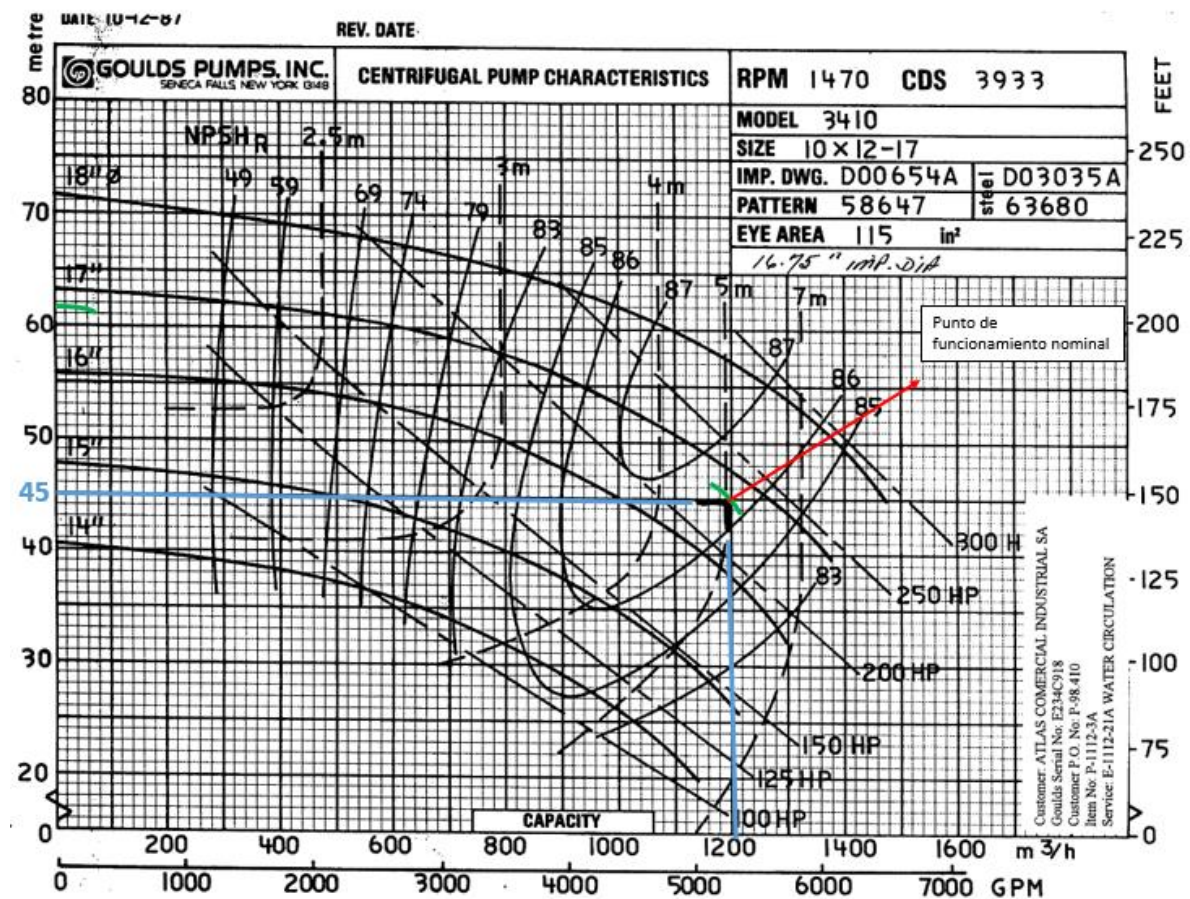


Imagen 72. Curvas características de la bomba P-1112-3A.

Como se puede observar en la gráfica el punto de funcionamiento nominal de la bomba se da cuando la bomba impulsa 1200 m³/h y a la vez tiene una altura manométrica de 45 metros, sabiendo que el diámetro del rodete es de 16,75". Si en lugar de poner la altura manométrica en metros se pone en metros columna de agua (mca) se determina la presión a la que la bomba es capaz de impulsar. En este caso se puede determinar como:

$$H_m = 40\text{m} = 40\text{mca} \times \frac{0,1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{1 \text{ mca}} = 4 \text{ kg/cm}^2$$

La bomba nueva buscada presenta las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS

Modelo: BISCP-300-400

Orificios asp./imp. mm: 350 / 350

Disposición: Horizontal

Ejecución: Cámara partida

Nº de impulsores: 1

Caudal, m³/h: 1.350

Altura manométrica, m: 38

NPSH (Requerido), m: 4,36

Rendimiento %: 85,06

Potencia absorbida, kW: 164

Velocidad, r.p.m.: 1.500

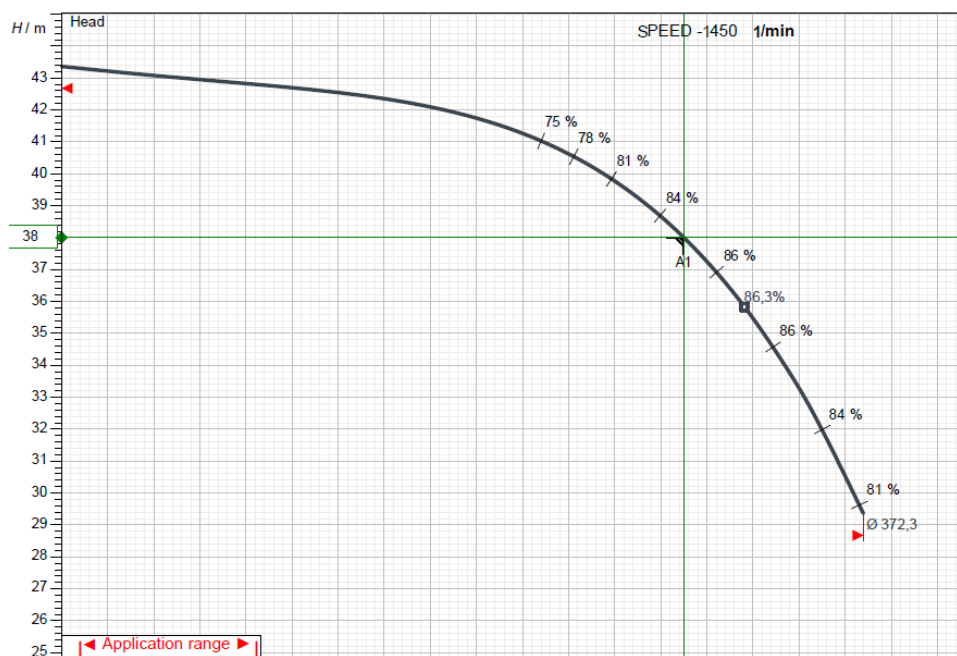
Fluido: Agua

Temperatura: Ambiente

Peso específico, Kg/dm³: 1

Imagen 73. Características bomba nueva.

Además, las curvas pertenecientes a la nueva bomba son:



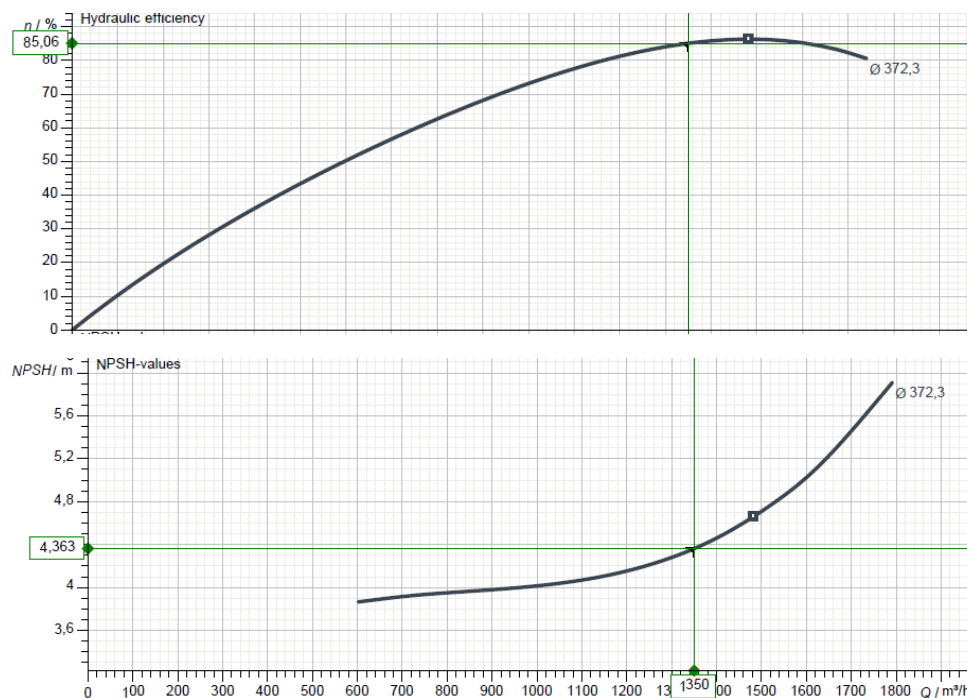


Imagen 74. Curvas características de la bomba nueva.

Comparando las curvas de las bombas se observa que el rendimiento de la nueva bomba es mayor al de la bomba actual, por lo que se tendrán menores costes debido a unos más bajos consumos de energía.

Por otra parte, al abrir la válvula al 100 % se consigue aumentar el caudal y con ello disminuir la presión de impulsión de la bomba. Además, en los equipos donde mayores problemas aparecen se tendría la siguiente tabla comparativa entre presiones y caudales con respecto a la válvula al 30%:

Equipo	Válvula 30 %		Válvula 100 %	
	Caudal	Presión entrada	Caudal	Presión entrada
E-432-12	128,0254	1,08	128,42	1,101
J-431-1	4,0553	2,160	4,0676	2,181

Tabla 51. Caudales y presiones en equipos para distintas aperturas de la válvula.

Abriendo la válvula se consiguen aumentar tanto los caudales como las presiones en los equipos E-432-12 e J-431-1, pero el aumento es poco por lo que se seguiría sin tener suficiente presión y caudal en los equipos.

La bomba actual se mantendría en el lugar que está y así seguir con su aprovechamiento y sería la bomba nueva la que se colocaría en un circuito en paralelo al actual. Es decir, se crearía una instalación acorde a la bomba nueva.

A continuación, se muestra una imagen de la nueva instalación:

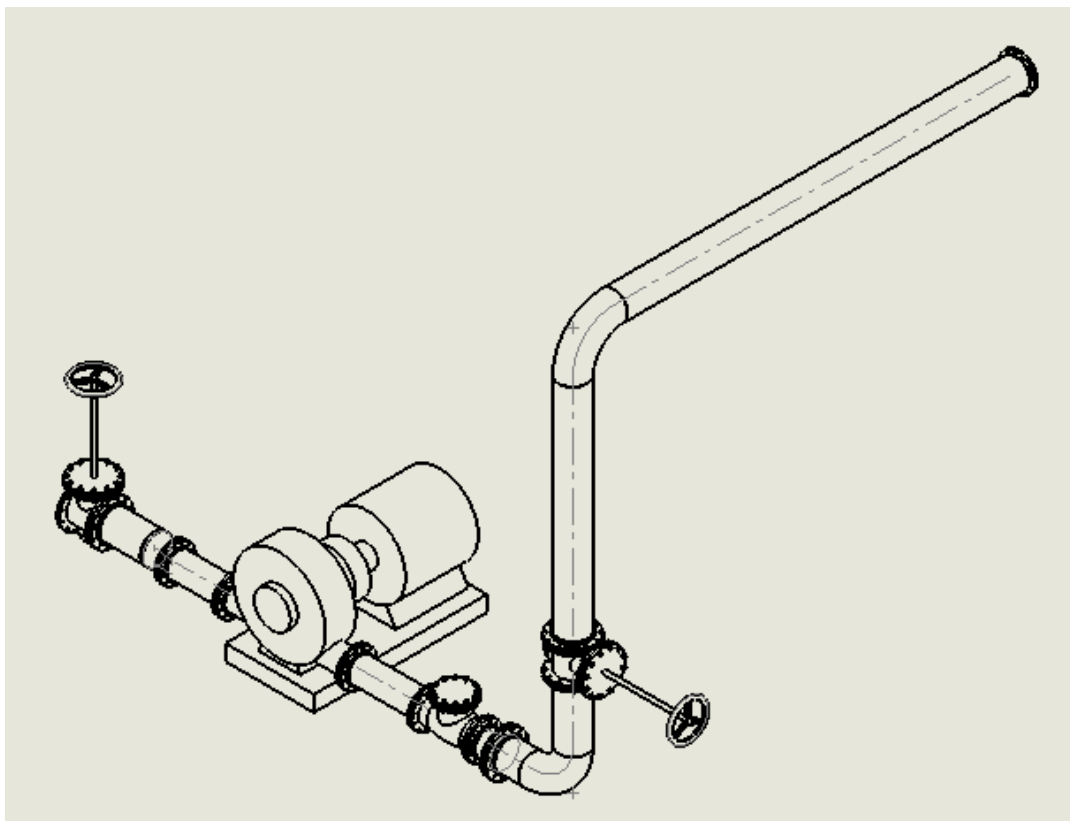


Imagen 75. Nueva instalación.



Imagen 76. Situación y esquema de la nueva instalación.

En la Imagen 75 se puede apreciar el diseño del nuevo circuito. Que constará de:

- Bomba y motor eléctrico
 - Válvula de retención. Válvula que sirve para que el fluido solo pueda ir en una dirección y en la otra quede bloqueada. Evita que el fluido mueva el rodete o impulsor en sentido contrario y cuando arranque el motor no se averíe.
 - Válvula de regulación. Es la encargada de regular el caudal que impulsa la bomba hacia los equipos.
 - Tuberías, reducciones, codos, juntas, bridas y tornillería.
 - Soportes para la nueva instalación.
- **PROPUESTA 2.** Sustituir la válvula de compuerta que hay antes del equipo E-433-2 por una válvula reguladora de caudal + Bomba actual trabajando (con válvula al 100%) + Colocar en paralelo una bomba idéntica a la actual.

Para sustituir la válvula de compuerta que hay presente antes del equipo E-433-2 por una válvula reguladora de caudal es necesario estudiar antes que le supone al circuito ir cerrando la válvula de compuerta.

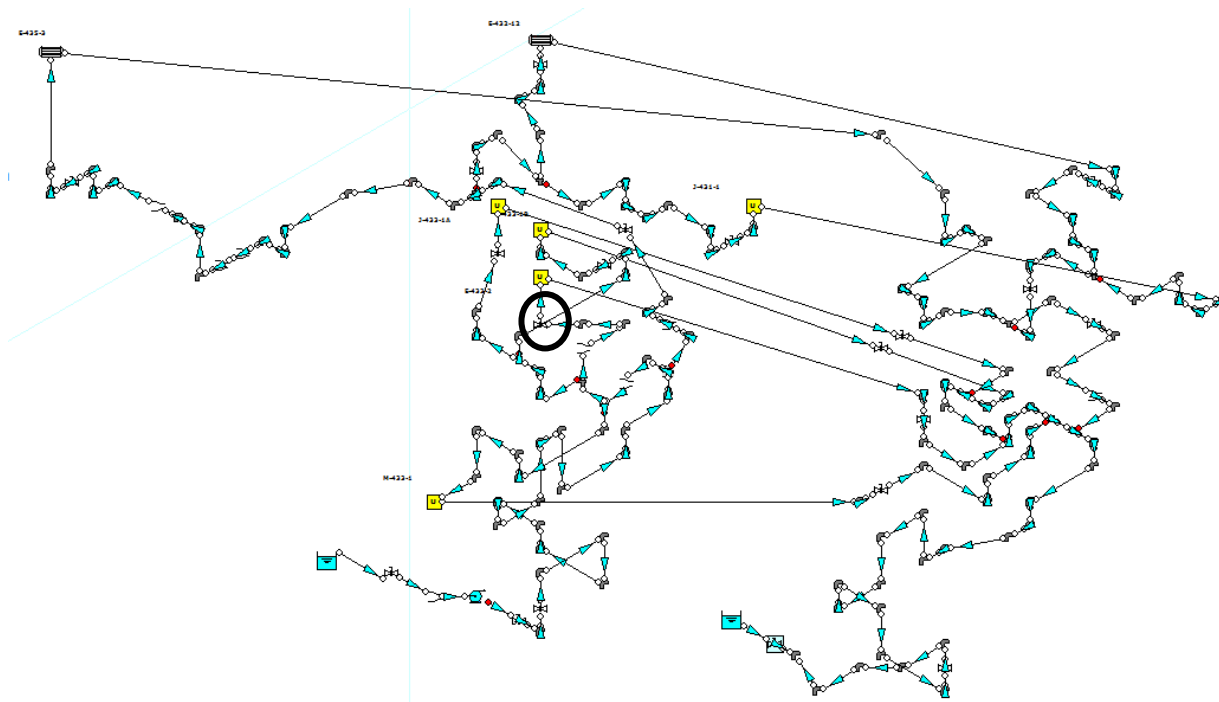


Imagen 77. Red de refrigeración 1112 con Fluid Flow.

El motivo de la elección de cerrar la válvula de compuerta es debido a que el equipo E-433-2 se lleva mucho caudal, es por eso que a los equipos E-432-12 y J-431-1 no les llega suficiente caudal.

Sabiendo que el caudal mínimo que tiene que tener el equipo E-433-2 es de 976 m³/h. Se puede observar en el anejo IV.

Veamos que sucede al ir cerrando la válvula de compuerta presente antes del equipo E-433-2:

Equipo	Válvula 100 %			
	ΔP real	ΔP simulación	P entrada	Q
J-431-1	0,2	0,182	2,181	4,0676
E-432-12	0,1	0,078	1,101	128,422
E-433-2	0,4	0,403	2,195	1139,52
J-433-1A	0,4	0,502	2,313	11,2046
J-433-1B	0,4	0,409	2,216	10,12
M-433-1	0,4	0,402	2,856	1,9443
E-435-3	0,2	0,178	2,254	54,69

Tabla 52. Valores de presión y caudal en equipos para apertura de la válvula al 100%.

Equipo	Válvula 16 %			
	ΔP real	ΔP simulación	P entrada	Q
J-431-1	0,2	0,351	2,270	5,65
E-432-12	0,1	0,146	1,163	179,17
E-433-2	0,4	0,312	1,858	1003,82
J-433-1A	0,4	0,999	2,588	15,80
J-433-1B	0,4	0,818	2,397	14,30
M-433-1	0,4	0,753	3,009	2,748
E-435-3	0,2	0,342	2,339	76,17

Tabla 53. Valores de presión y caudal en equipos para apertura de la válvula al 16%.

Se observa que ante el cierre de la válvula de compuerta se distribuyen mayores caudales a los otros equipos.

Se deja un pequeño margen entre el caudal mínimo del equipo E-433-2 y el que pasaría si la válvula estuviera al 16 % abierta.

De la simulación ahora se extrae que el caudal de impulsión de la bomba y la presión de impulsión para ese cierre de la válvula de compuerta es:

Válvula	Presión impulsión	Caudal impulsión
16 % abierta	4,126 kg/cm ²	1297,77 m ³ /h

Tabla 54. Caudal y presión de impulsión para la válvula al 16% abierta.

Caudal que pasa por la válvula (m ³ /h)
1003,32

No es aconsejable trabajar por debajo del 20% de apertura de válvula, por lo que la propuesta sería poner una válvula reguladora de caudal a un caudal de regulación de 1000 m³/h.

Valve position < Min Limit [45]

The valve position may be inaccurate. The position of the valve is below the minimum set in the fluid equipment database. It is not recommended to operate a control valve at this position for sustained periods.

Imagen 78. Error al trabajar por debajo del 20% de apertura de la válvula en la simulación.

La válvula reguladora de caudal debe presentar las siguientes características:

Características	
Tipo	Válvula reguladora o limitadora de caudal
Caudal a mantener	1000 m ³ /h
Tamaño	16 pulgadas
Presión salida	3,458 kgf/cm ²
Pérdida de carga en la válvula	0,664 kgf/cm ²
Velocidad entrada a la válvula	2,33 m/s
Temperatura aproximada	30 °C

Tabla 55. Características válvula limitadora.

Sabiendo las características mencionadas anteriormente la válvula limitadora más adecuada sería una válvula de control FLUCON 200 de tipo globo. En el anexo ‘Características de los equipos’ se expone la ficha técnica del producto.

Como se sabe que la bomba actual presenta unos valores elevados en cuanto a eficiencia, se valora la opción de seguir con el funcionamiento de la bomba actual.

Tras colocar la válvula reguladora de caudal la bomba actual presentará otro punto de funcionamiento.

La curva resistiva del circuito se calcula como:

$$\Delta P = KQ^2$$

$$\Delta P = P_{\text{entrada válvula}} - P_{\text{retorno tanque}} = 4,231 - 0 = 4,231 \text{ kgf/cm}^2$$

$$Q = Q_{\text{válvula}} = 1297,54 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$K = \frac{\Delta P}{Q^2} = \frac{4,231}{1297,54^2} = 2,513e^{-6}$$

Q (m ³ /h)	ΔP
0	0
200	0,10052
400	0,40208
600	0,90468
800	1,60832
1000	2,513
1200	3,61872
1300	4,24697
1400	4,92548

Tabla 56. Caudal e incremento de presión del eyector J-431-1A.

A continuación, se representa la curva resistiva de todos los equipos al introducir la válvula limitadora de caudal.



Imagen 79. Curva resistiva con válvula limitadora.

Curva motriz vs curva resistente

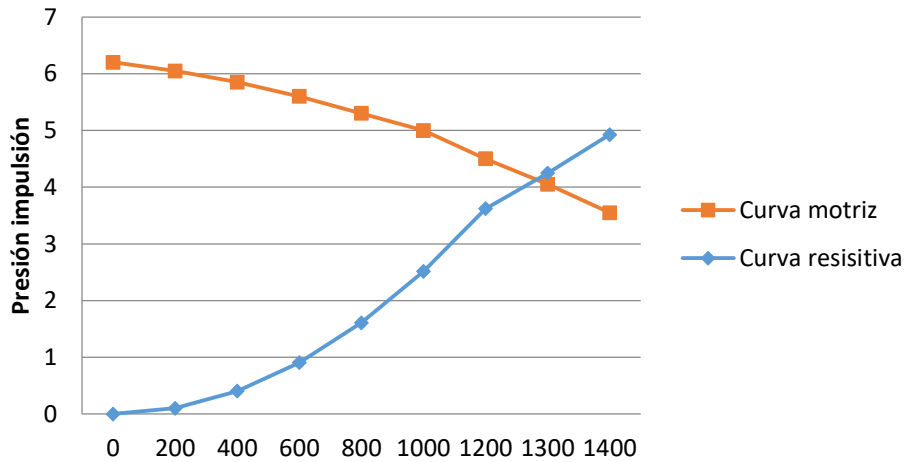


Imagen 80. Curva resistiva y motriz con válvula limitadora.

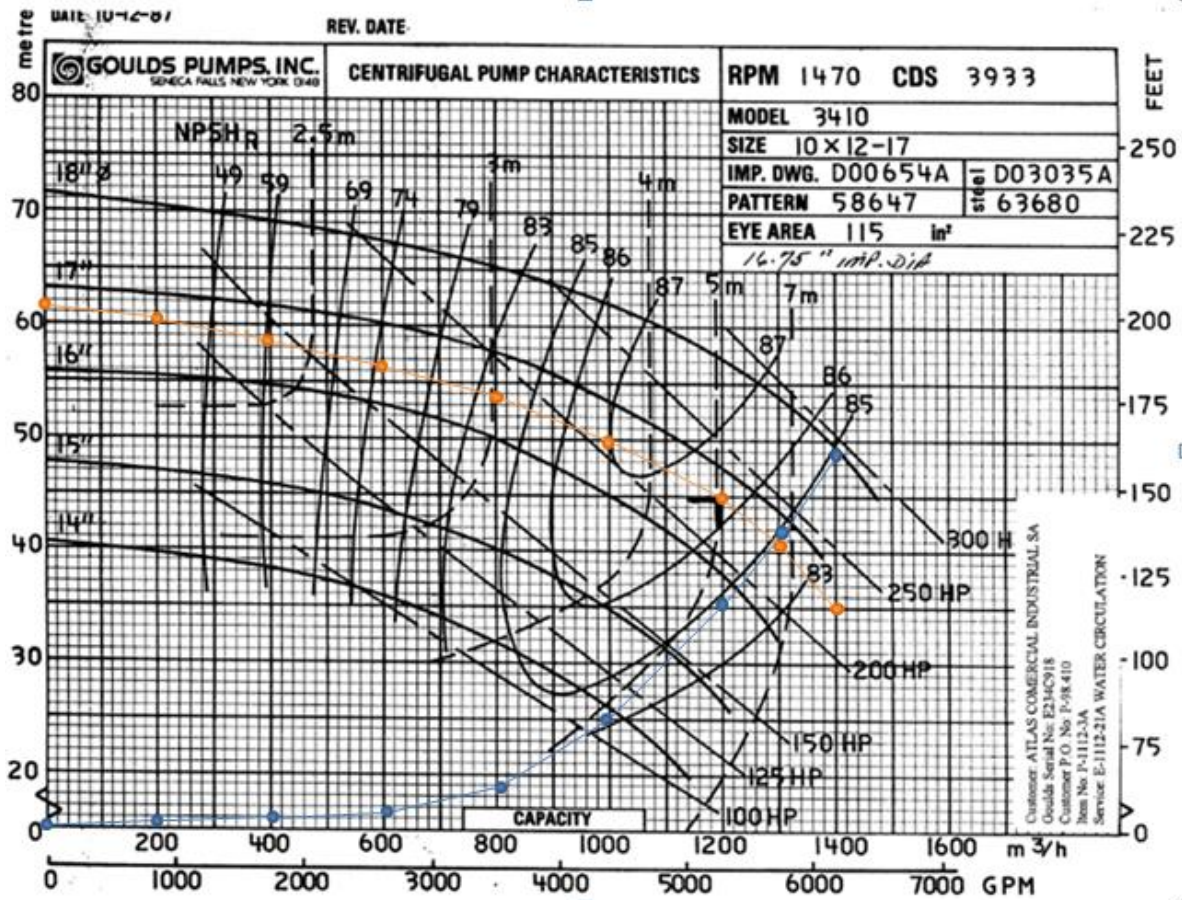


Imagen 81. Curva resistiva y motriz con válvula limitadora.

La bomba actual se mantendría en el lugar que está y así seguir con su aprovechamiento y sería la bomba nueva la que se colocaría en un circuito en paralelo al actual. Es decir, se crearía una instalación acorde a la bomba nueva.

La instalación sería del mismo modo que la propuesta 1.

PROPUESTA 3. Propuesta 2 + la bomba en paralelo con variador de frecuencia.

Normalmente estaría en funcionamiento la bomba actual con la válvula limitadora de caudal, es decir sería exactamente igual que la propuesta 2.

Ahora bien, en el caso de periodos de baja demanda o en el posible caso de que los equipos E-432-12 e J-431-1 se desconectaran bajará la curva resistiva del circuito y la presión de impulsión de la bomba aumentará con lo que en la entrada de los equipos habrá más presión y caudal. Pero en nuestro caso no nos interesa que los equipos tengan más presión por lo que necesitamos bajar la curva motriz y volver a tener la presión de impulsión que teníamos cuando estaban todos los equipos conectados.

Por tanto, para poder mover la curva motriz es necesario un variador de frecuencia.

Entonces la solución más adecuada es situar un circuito en paralelo al actual con una bomba idéntica a la actual y que tenga incorporado un variador de frecuencia.

La curva resistiva del circuito sin los dos equipos se calcula como:

$$\Delta P = KQ^2$$

$$\Delta P = P_{\text{entrada válvula}} - P_{\text{retorno tanque}} = 4,758 - 0 = 4,758 \text{ kgf/cm}^2$$

$$Q = Q_{\text{válvula}} = 1174,12 \text{ m}^3/h$$

$$K = \frac{\Delta P}{Q^2} = \frac{4,758}{1174,12^2} = 3,45e^{-6}$$

Curva resistiva sin equipos

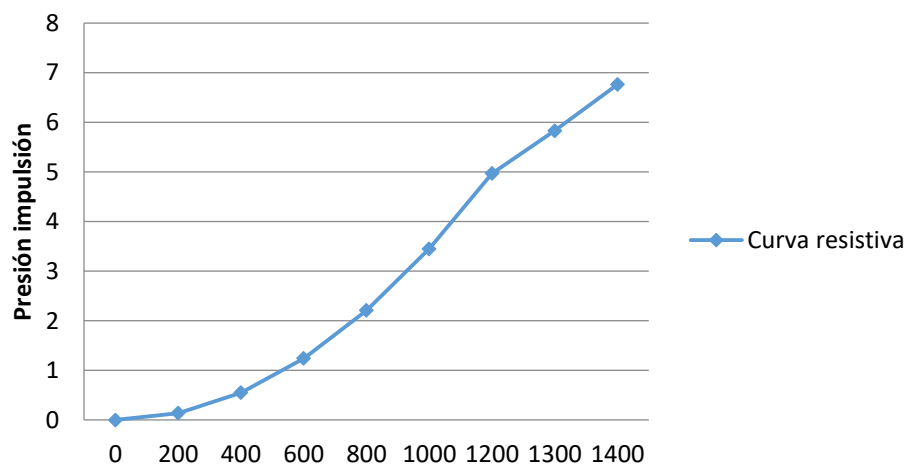


Imagen 82. Curva resistiva sin equipos.

Curva motriz vs resistiva

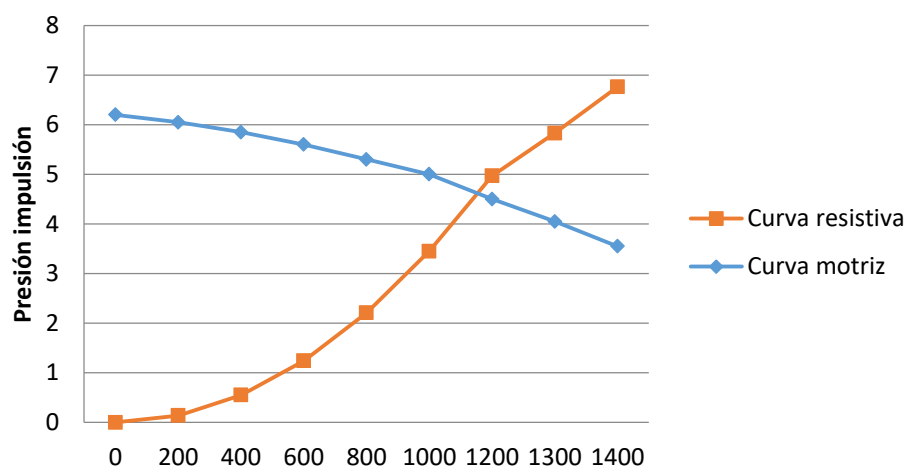


Imagen 83. Curvas resistiva y motriz sin equipos.

En la siguiente imagen 84 se observan las curvas resistivas de todo el circuito con los equipos conectados a la red 1112 o sin ellos frente a la curva motriz de la bomba.

Curvas resistivas vs motriz

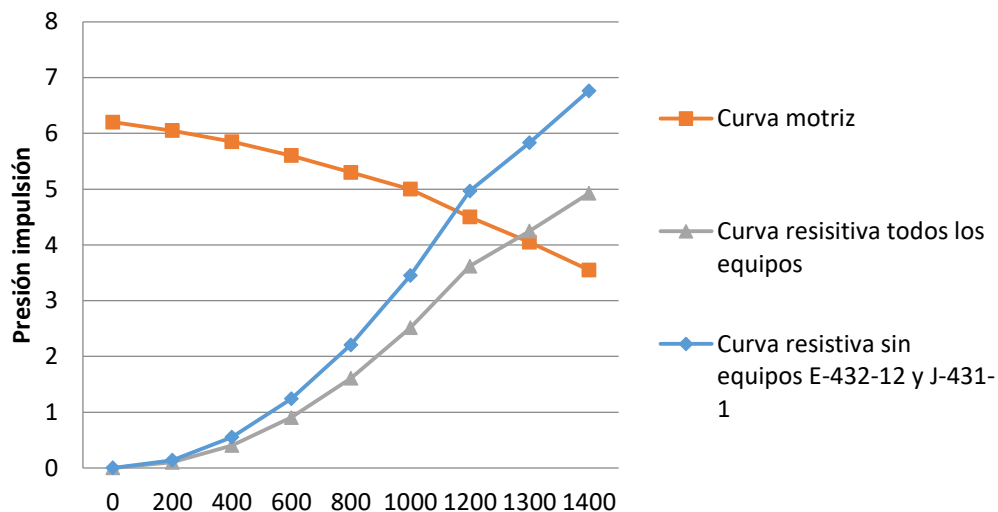


Imagen 84. Curvas resistivas con equipos conectados y sin ellos frente a la curva motriz de la bomba.

A continuación, se procede a calcular la nueva curva motriz de la bomba. Mediante la imagen 85 se sabe que el punto de funcionamiento de la bomba con el variador incorporado será de un caudal de impulsión de 1090 m³/h y una presión de impulsión de 4,1 kgf/cm².

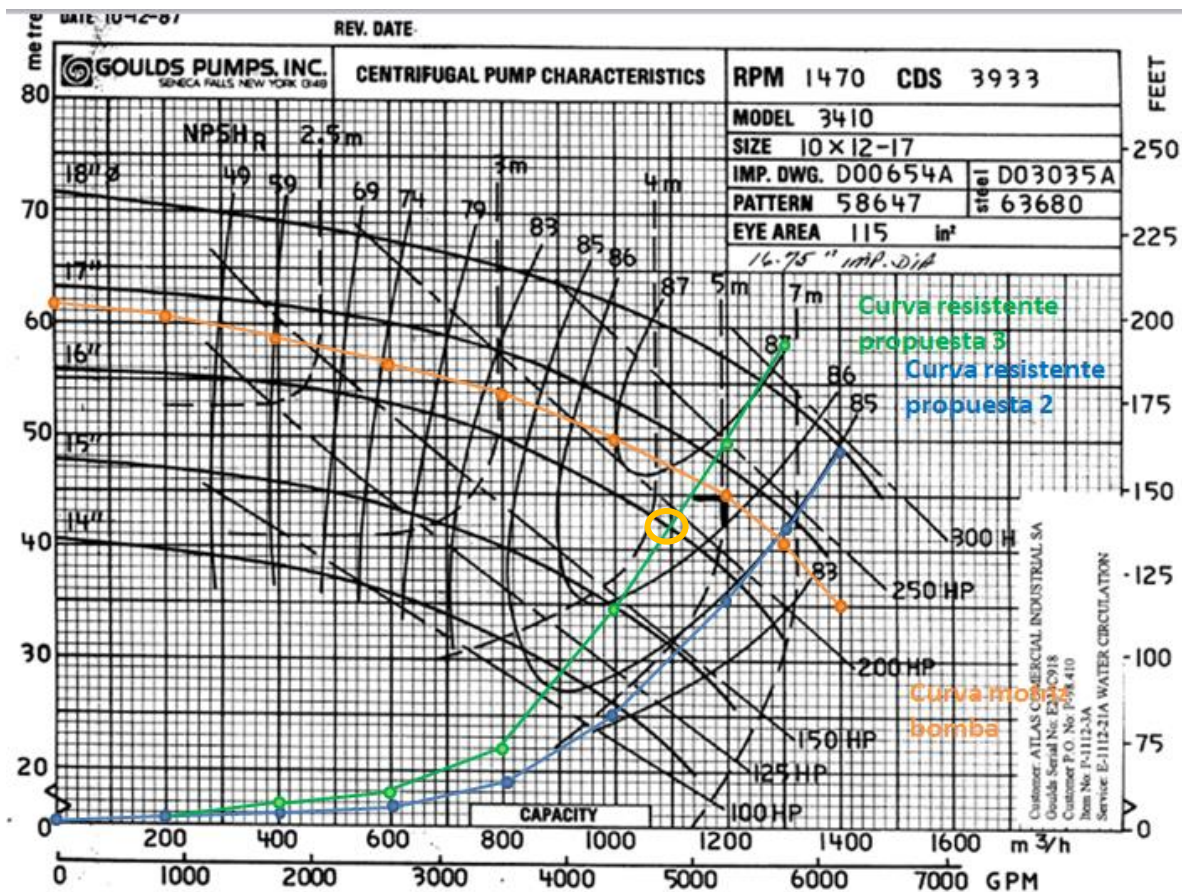


Imagen 85. Curvas resistivas y motriz para las dos propuestas.

Para calcular la nueva curva motriz de la bomba será necesario utilizar las leyes de semejanza, las cuales nos permitirán calcular la curva de la bomba girando a la nueva velocidad de giro.

$$H = A \times \alpha^2 + B \times \alpha \times Q + C \times Q^2$$

$$\alpha = \frac{\omega}{\omega_1}$$

Mediante la utilización del Excel se puede determinar la ecuación de tendencia de la curva motriz de la bomba con los equipos. En la imagen 86 se observa dicha ecuación.

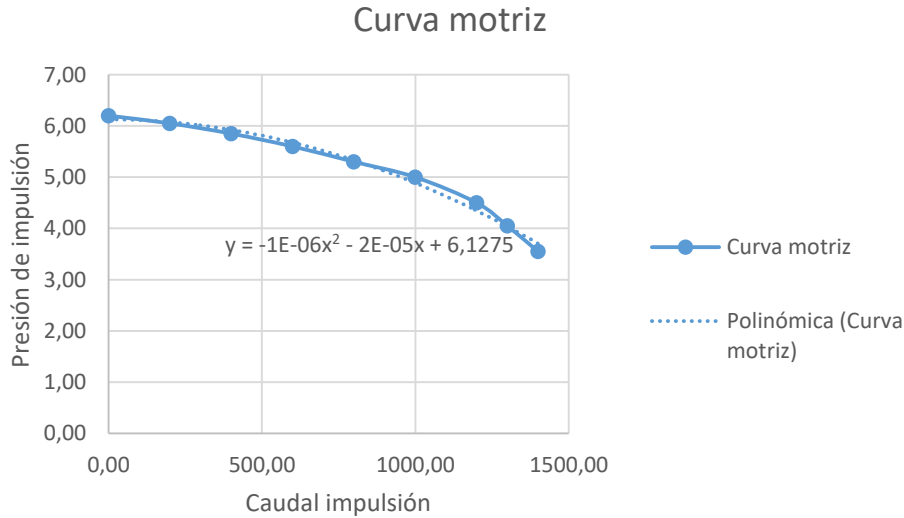


Imagen 86. Ecuación curva motriz de la bomba con los equipos.

Una vez se tiene la curva motriz de la bomba con los equipos es necesario determinar el parámetro alfa de las ecuaciones de las leyes de semejanza. Los parámetros A, B y C son los de la ecuación de la curva motriz con los equipos y la presión y el caudal será el punto de funcionamiento de la nueva bomba con variador.

$$H = A \times \alpha^2 + B \times \alpha \times Q + C \times Q^2$$

$$4,1 = 6,1275 \times \alpha^2 - 2e - 5 \times \alpha \times 1090 - 1e - 6 \times 1090^2$$

$$6,1275 \times \alpha^2 - 0,0218 \times \alpha - 5,2881 = 0$$

Resolviendo la ecuación de segundo grado se obtiene que alfa es igual a 0,93 y a -0,92. Se toma como valor correcto el de alfa igual a 0,93.

Con el valor de alfa y sabiendo que la velocidad de giro del motor con los equipos es de 1470 rpm se determina la velocidad de giro del motor con variador.

$$\omega = \alpha \times \omega_1 = 0,93 \times 1470 = 1367,1 \text{ rpm}$$

La ecuación de la curva con variador será:

$$H = A \times \alpha^2 + B \times \alpha \times Q + C \times Q^2$$

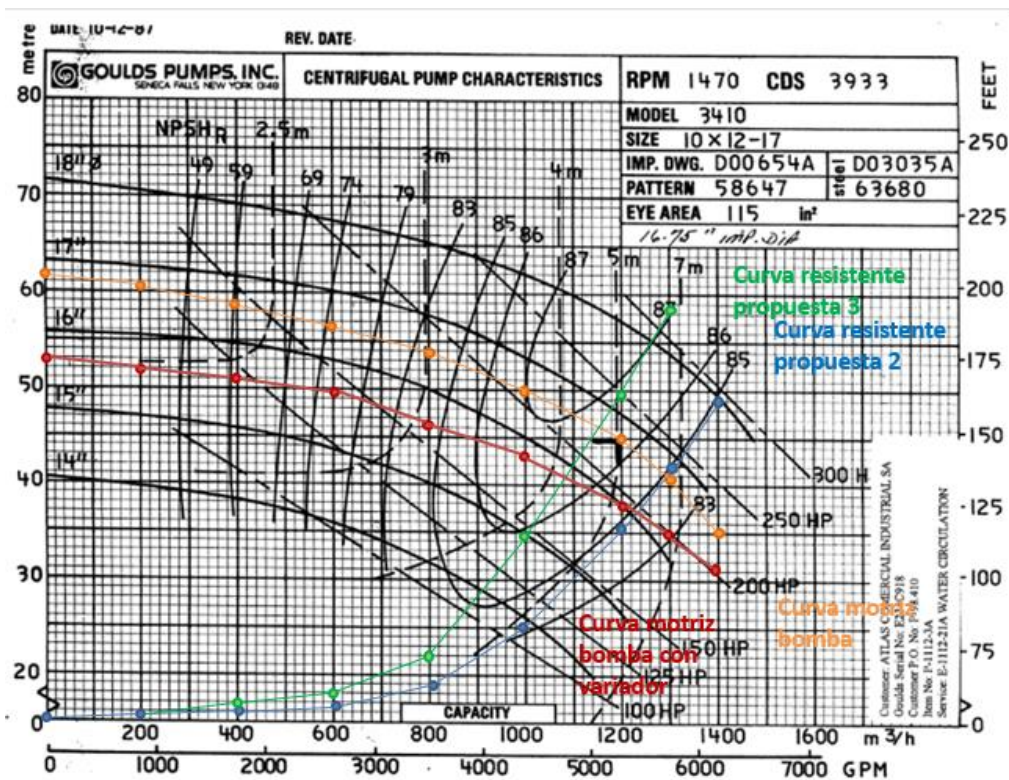
$$H = 6,1275 \times 0,93^2 - 2e - 5 \times 0,93 \times Q - 1e - 6 \times Q^2$$

$$H = 5,3 - 1,86e - 5 \times Q - 1e - 6 \times Q^2$$

En la imagen 87 se muestra representada la nueva curva motriz de la bomba al introducir un variador de frecuencia.

Caudal (l/s)	Presión (kg/cm²)
0	5,3
200	5,2
400	5,1
600	4,9
800	4,6
1000	4,3
1200	3,8
1300	3,5
1400	3,3

En la imagen 88 se observan todas las curvas para la propuesta 3 y el punto de funcionamiento para cada situación.



55

3.5. Elección de la mejor propuesta para la situación

En este punto se tratará de determinar qué propuesta es la mejor para el circuito 1112 con los equipos E-432-12 y J-431-1 conectados, para ello se plantearán las mejoras de cada propuesta.

▪ PROPUESTA 1

MEJORAS PLANTEADAS	ACCIONES DE MEJORA EN EL CIRCUITO 1112
Abrir la válvula de compuerta posterior a la bomba centrífuga P-1112-3A al 100%	<ul style="list-style-type: none">- Se evita tener la válvula al 30% abierta lo que evita un mayor desgaste.- Se consigue aumentar el caudal de impulsión y con ello disminuir la presión de impulsión de la bomba, lo que hace que lleguen mayores presiones y caudales a los equipos necesarios. (Los caudales y presiones no serían suficientes para mejorar el funcionamiento de los equipos necesarios).
Introducir una instalación paralela a la que hay actualmente con una bomba centrífuga nueva	<ul style="list-style-type: none">- Si fallara la bomba de funcionamiento habitual se podría arrancar esta bomba nueva y se evitaría una parada de sulfato. Se evitarían pérdidas económicas elevadas. Mayor fiabilidad y seguridad en el funcionamiento.- Si fallara la bomba actual y tuviera que ponerse en funcionamiento la bomba nueva se obtendrían unos ahorros en cuanto a energía, ya que la bomba nueva presenta mejores características en cuanto a rendimiento y a eficiencia que la bomba actual.

Tabla 57. Mejoras de la propuesta 1.

▪ **PROPUESTA 2**

MEJORAS PLANTEADAS	ACCIONES DE MEJORA EN EL CIRCUITO 1112
Abrir la válvula de compuerta posterior a la bomba centrífuga P-1112-3A al 100%	<ul style="list-style-type: none"> - Se evita tener la válvula al 30% abierta lo que evita un mayor desgaste. - Se consigue aumentar el caudal de impulsión y con ello disminuir la presión de impulsión de la bomba, lo que hace que lleguen mayores presiones y caudales a los equipos necesarios. (Los caudales y presiones no serían suficientes para mejorar el funcionamiento de los equipos necesarios).
Introducir una válvula limitadora de caudal antes del equipo E-433-2	<ul style="list-style-type: none"> - Limita el caudal que pasa por el equipo E-433-2 y se distribuye mejor el caudal por los otros equipos. Entonces se mejoraría el funcionamiento de los equipos ya que pasaría más caudal y presión por ellos. - Control preciso de caudal de salida y regulación ante variaciones del sistema. - Optimización del funcionamiento de la bomba. Se hace pasar el caudal necesario para el equipo E-433-2.
Introducir una instalación paralela a la que hay actualmente con una bomba centrífuga nueva pero idéntica a la actual.	<ul style="list-style-type: none"> - Si fallara la bomba de funcionamiento habitual se podría arrancar esta bomba nueva y se evitaría una parada de sulfato. Se evitarían pérdidas económicas elevadas. Mayor fiabilidad y seguridad en el funcionamiento.

Tabla 58. Mejoras de la propuesta 2.

▪ **PROPUESTA 3**

MEJORAS PLANTEADAS	ACCIONES DE MEJORA EN EL CIRCUITO 1112
Abrir la válvula de compuerta posterior a la bomba centrífuga P-1112-3A al 100%	<ul style="list-style-type: none"> - Se evita tener la válvula al 30% abierta lo que evita un mayor desgaste. - Se consigue aumentar el caudal de impulsión y con ello disminuir la presión de impulsión de la bomba, lo que hace que lleguen mayores presiones y caudales a los equipos necesarios. (Los caudales y presiones no serían suficientes para mejorar el funcionamiento de los equipos necesarios).
Introducir una válvula limitadora de caudal antes del equipo E-433-2	<ul style="list-style-type: none"> - Limita el caudal que pasa por el equipo E-433-2 y se distribuye mejor el caudal por los otros equipos. Entonces se mejoraría el funcionamiento de los equipos ya que pasaría más caudal y presión por ellos. - Control preciso de caudal de salida y regulación ante variaciones del sistema. - Optimización del funcionamiento de la bomba. Se hace pasar el caudal necesario para el equipo E-433-2.
Introducir una instalación paralela a la que hay actualmente con una bomba centrífuga nueva pero idéntica a la actual.	<ul style="list-style-type: none"> - Si fallara la bomba de funcionamiento habitual se podría arrancar esta bomba nueva y se evitaría una parada de sulfato. Se evitarían pérdidas económicas elevadas. Mayor fiabilidad y seguridad en el funcionamiento.
Introducir un variador de frecuencia al motor de la bomba de la instalación en paralelo.	<ul style="list-style-type: none"> - Ante periodos de baja demanda de caudal o en casos en que es necesario desconectar equipos de la red el variador te da la posibilidad de bajar la curva motriz de la bomba y con ello ajustar mejor el punto de funcionamiento teniendo una potencia menor a la anterior. - Capacidad de optimizar la eficiencia al máximo. - Mejorar el consumo de la bomba.

Tabla 59. Mejoras de la propuesta 3.

Como se puede observar en las tablas planteadas anteriormente la mejor propuesta es la número 3, la cual es la que mayor número de mejoras a la red 1112 aporta. Habrá que valorar en puntos posteriores si es viable tanto técnicamente como económicamente.

ANEXO II: MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO	1
3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	1
3.1. Gamas de mantenimiento de equipos rotativos	2
3.1.1. Gama de mantenimiento preventivo del aéreo	2
3.1.2. Gama mantenimiento preventivo de las bombas centrífugas	4

1. INTRODUCCIÓN

Con la realización de un manual de mantenimiento se intenta ofrecer un servicio y una ayuda por una parte a los operarios que estén en permanente contacto con los equipos, para que puedan reconocer cualquier anomalía que se produzca en los equipos, y por otra parte al personal de mantenimiento, para que posean un plan de mantenimiento preventivo para realizar las paradas oportunas.

Con ello se pretende reducir tanto las paradas por avería de los equipos, como el tiempo de estas paradas. Asimismo, también se pretende optimizar las paradas para realizar el mantenimiento preventivo, facilitando así la logística de estas paradas (aprovisionamiento de material, organización del personal...)

Se pueden distinguir, por tanto, dos tipos de mantenimiento bien diferenciados:

- El mantenimiento correctivo, que es el que se aplica después de haberse producido el fallo. Para mejorar dicho mantenimiento, se realizará un plan de mantenimiento correctivo de los elementos para así facilitar al operario el reconocimiento de cualquier fallo, como de cualquier síntoma que pudiera desencadenar en un fallo.
- El mantenimiento preventivo, que es el que se aplica para evitar que se produzca el fallo. Para mejorar dicho mantenimiento, se realizará un plan de mantenimiento preventivo para optimizar las paradas debidas a este tipo de mantenimiento, que evita muchos fallos posteriores.

2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo tiene el inconveniente que provoca una parada de los equipos, con la consiguiente bajada de la productividad. Además, al ser imprevisto dificulta la logística de la operación (personal, material, repuestos...). Sin embargo, es imprescindible, pues, aunque un mantenimiento preventivo sea muy bueno, siempre se produce algún fallo imprevisto.

3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo tiene muchas ventajas. Si se efectúa correctamente, impide muchos fallos posteriores y muchas paradas imprevistas de los equipos, con lo que aumenta en gran medida la productividad de dicha máquina. Además, permite mejorar la organización de dichas paradas, en cuanto a personal, material... Sin embargo, no exime del mantenimiento correctivo, pues por más bien que se efectúe, siempre se producirán paradas imprevistas en los equipos.

Este tipo de mantenimiento puede efectuarse diariamente, semanalmente, mensualmente, trimestralmente o incluso en periodos de tiempo más prolongados; cada componente de las máquinas necesita de una programación adecuada a sus características.

3.1.Gamas de mantenimiento de equipos rotativos

A continuación, se mostrarán las gamas de mantenimiento de los equipos rotativos presentes en la nueva instalación. Los mantenimientos de los equipos se pueden efectuar de manera semestral, anual, bianual o trianual dependiendo de cada equipo. Los equipos rotativos presentes en la nueva instalación son:

- Aéreo de la torre de refrigeración
- Bomba centrífuga P-1112-3A
- Bomba centrífuga P-1112-3B


3.1.1. Gama de mantenimiento preventivo del aéreo

GAMA:	GM.RO.41 (R-3)	AF,s-1012 y 1112	
Nº REVISIÓN	2	FECHA REVISIÓN	18/10/2017
CLASE DE GAMA:	GENERAL	FRECUENCIA:	SEMESTRAL

ESPECIAL	NO	GENÉRICA	NO	IMPORTANTE	SI
EQUIPO PARADO	SI			PLANTA PARADA	NO

HORAS	6	Nº HOMBRES	2
--------------	----------	-------------------	----------

MEDIOS
2 hombres cada uno
DESCRIPCIÓN DE LA GAMA
<ol style="list-style-type: none">1. Parar ventilador y poner las seguridades que dictan las normas.2. Revisión de la transmisión cardan comprobando holguras en crucetas y estado de corrosión del cardan.3. Sustituir aceite.

<p>Llenado de aceite</p>		<p>Vaciado de aceite</p>

4. Revisar engrasadores automáticos de la reductora.



Engrasadores
automáticos de la
reductora

5. Comprobar alineamiento.

6. Revisar estado de corrosión de la reductora. Pintar si lo precisa.

7. Fiabilidad analizará el estado y en función del predictivo determinará una posible intervención:

- Desmontar caja reductora, bajar a Taller, desmontar para revisión de rodamientos y engranajes. Ver estado de pintura de acuerdo con Inspección.
- Inspeccionar estado de corrosión de los ejes de transmisión y medir espesores, en caso de ser necesario.
- Revisión del motor eléctrico. Comprobar rodamientos y meguear motor.

SEGURIDAD / PROTECCIÓN

Tabla 60. Gama de mantenimiento semestral del aéreo.

3.1.2. Gama mantenimiento preventivo de las bombas centrífugas

- CADA AÑO:

GAMA:	GM.RO.199	P-1112-3A	
Nº REVISIÓN	0	FECHA REVISIÓN	28/12/2015
CLASE DE GAMA:	GENERAL	FRECUENCIA:	Anual

ESPECIAL	NO	GENÉRICA	NO	IMPORTANTE	SI
EQUIPO PARADO	SI			PLANTA PARADA	SI

HORAS	8	Nº HOMBRES	2
--------------	----------	-------------------	----------

MEDIOS
DESCRIPCIÓN DE LA GAMA
<ol style="list-style-type: none"> 1. Limpiar filtro de aspiración. 2. Ver estado de la junta de dilatación, que no esté cuarteada ni fugue. 3. Revisar el estado del acoplamiento y todos sus elementos. En caso de excesivo desgaste, sustituirlo. 4. Verificar estado de los retenes y cierres de las cajas de rodamientos y sustituir en caso de ser necesario. 5. Ver estado de los rodamientos y sustituir en caso de ser necesario. Consultar a fiabilidad el resultado del último predictivo. 6. Comprobar la alineación motor-bomba.
SEGURIDAD / PROTECCIÓN

Tabla 61. Gama de mantenimiento anual de la bomba P-1112-3A.

GAMA:	GM.RO.199	P-1112-3B	
Nº REVISIÓN	0	FECHA REVISIÓN	26/06/2018
CLASE DE GAMA:	GENERAL	FRECUENCIA:	Anual

ESPECIAL	NO	GENÉRICA	NO	IMPORTANTE	SI
EQUIPO PARADO	SI			PLANTA PARADA	SI

HORAS	8	Nº HOMBRES	2
--------------	----------	-------------------	----------

MEDIOS
DESCRIPCIÓN DE LA GAMA
<p>7. Limpiar filtro de aspiración.</p> <p>8. Ver estado de la junta de dilatación, que no esté cuarteada ni fugue.</p> <p>9. Revisar el estado del acoplamiento y todos sus elementos. En caso de excesivo desgaste, sustituirlo.</p> <p>10. Verificar estado de los retenes y cierres de las cajas de rodamientos y sustituir en caso de ser necesario.</p> <p>11. Ver estado de los rodamientos y sustituir en caso de ser necesario. Consultar a fiabilidad el resultado del último predictivo.</p> <p>12. Comprobar la alineación motor-bomba.</p>
SEGURIDAD / PROTECCIÓN

Tabla 62. Gama de mantenimiento anual de la bomba P-1112-3B.

- CADA DOS AÑOS:

GAMA:	GM.RO.200	P-1112-3A	
Nº REVISIÓN	0	FECHA REVISIÓN	28/12/2015
CLASE DE GAMA:	GENERAL	FRECUENCIA:	2 años

ESPECIAL	NO	GENÉRICA	NO	IMPORTANTE	SI
EQUIPO PARADO	SI			PLANTA PARADA	SI

HORAS	12	Nº HOMBRES	2
--------------	-----------	-------------------	----------

MEDIOS
DESCRIPCIÓN DE LA GAMA
<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar gama GM.RO.199 2. Levantar la mitad superior de la voluta para realizar los puntos 3 y 4. 3. Comprobar el estado de las camisas para ver si tienen desgaste, marcas, pérdidas de material... y sustituir en caso de ser necesario. 4. Comprobar estado de los aros de desgaste y sustituir en caso de que la holgura sea de 1 mm en sentido radial o superior. Consultar a producción si la bomba muestra pérdidas de capacidad. 5. Sustituir los rodamientos de la bomba y motor. 6. Comprobar el estado del impulsor, que no tenga fisuras, suciedad... 7. Revisar la válvula de retención en la impulsión, ver el estado de la clapeta.
SEGURIDAD / PROTECCIÓN

Tabla 63. Gama de mantenimiento bianual de la bomba P-1112-3A.

GAMA:	GM.RO.200	P-1112-3A	
Nº REVISIÓN	0	FECHA REVISIÓN	26/07/2018
CLASE DE GAMA:	GENERAL	FRECUENCIA:	2 años

ESPECIAL	NO	GENÉRICA	NO	IMPORTANTE	SI
EQUIPO PARADO		SI		PLANTA PARADA	SI

HORAS	12	Nº HOMBRES	2
--------------	-----------	-------------------	----------

MEDIOS
DESCRIPCIÓN DE LA GAMA
<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar gama GM.RO.199 2. Levantar la mitad superior de la voluta para realizar los puntos 3 y 4. 3. Comprobar el estado de las camisas para ver si tienen desgaste, marcas, pérdidas de material... y sustituir en caso de ser necesario. 4. Comprobar estado de los aros de desgaste y sustituir en caso de que la holgura sea de 1 mm en sentido radial o superior. Consultar a producción si la bomba muestra pérdidas de capacidad. 5. Sustituir los rodamientos de la bomba y motor. 6. Comprobar el estado del impulsor, que no tenga fisuras, suciedad... 7. Revisar la válvula de retención en la impulsión, ver el estado de la clapeta.
SEGURIDAD / PROTECCIÓN

Tabla 64. Gama de mantenimiento bianual de la bomba P-1112-3B.

ANEXO III: INSPECCIÓN DE LOS EQUIPOS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ÁMBITO DE APLICACIÓN	1
3. CLASIFICACIÓN DE LOS RECIPIENTES A PRESIÓN	1
3.1. Potencial de riesgo (PR)	1
3.2. Características de los fluidos	1
3.3. Clases de equipos	2
3.4. Clases para los equipos de la instalación propuesta	2
3.5. Niveles de inspección	3
3.6. Inspecciones para los equipos de la nueva instalación	4
4. INSPECCIÓN DE TUBERÍAS	4
4.1. Periodicidad de las inspecciones de las tuberías de la nueva red 1112	4
5. INSPECCIÓN DE LAS VÁLVULAS DE SEGURIDAD	7
6. CONTENIDOS MÍNIMOS DE UN PLAN DE INSPECCIÓN	7
6.1. Inspección basada en riesgos	8
7. MECANISMOS DE DAÑO SEGÚN NORMA 571	8
7.1. Corrosión atmosférica	9
7.1.1. Descripción del daño	9
7.1.2. Materiales que afecta	9
7.1.3. Equipos o elementos afectados	10
7.1.4. Apariencia	10
7.1.5. Prevención	10
7.1.6. Inspección	11
7.2. Corrosión por agua de refrigeración	11
7.2.1. Descripción del daño	11
7.2.2. Materiales afectados	11
7.2.3. Factores críticos	11
7.2.4. Unidades afectadas o equipamiento	13
7.2.5. Apariencia o morfología del daño	13
7.2.6. Prevención	13
7.2.7. Inspección y monitorización	14

1. INTRODUCCIÓN

Para la realización de un plan de mantenimiento-inspección de la red de agua de refrigeración de la unidad 1112 se aplicará el Real Decreto 2060/2008 en el cual se establecen los requisitos para las inspecciones periódicas de los equipos a presión, con presión máxima admisible superior a 0,5 bares, entendiéndose como tales los aparatos, equipos a presión, conjuntos, tuberías, recipientes a presión simple o transportables.

2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

La instrucción complementaria ITC EP-3 se aplica a la instalación, inspecciones periódicas y reparaciones de todos los equipos a presión incluidos en el Reglamento de equipos a presión instalados en refinerías de petróleos y plantas petroquímicas.

UBE Corporation Europe S.A. es una planta petroquímica dotada de un conjunto de instalaciones de proceso y auxiliares que utilizan como materia prima fracciones petrolíferas, gas natural o productos elaborados a partir de éstos.

3. CLASIFICACIÓN DE LOS RECIPIENTES A PRESIÓN

Los recipientes a presión, a efectos de la presente ITC, se clasificarán atendiendo a su peligrosidad con los siguientes criterios:

3.1. Potencial de riesgo (PR)

Los recipientes se clasificarán según el producto de la presión máxima admisible (PS en bar) por el volumen (V en m³):

- Potencial 1: Mayor o igual a 1.000.
- Potencial 2: Mayor o igual a 300 y menor de 1.000.
- Potencial 3: Mayor o igual a 25 y menor de 300.
- Potencial 4: Mayor o igual a 10 y menor de 25.
- Potencial 5: Menor de 10.

3.2. Características de los fluidos

Según las características de los fluidos con los que operan los equipos, se clasificarán en los siguientes grupos:

- Grupo 1.1: Fluidos inflamables en forma de vapores, líquidos, gases y sus mezclas, a temperatura máxima de servicio T_{ms} igual o superior a 200 °C; gases o líquidos clasificados como muy tóxicos e hidrógeno a cualquier temperatura en concentraciones superiores al 75% en volumen.
- Grupo 1.2: Otros fluidos peligrosos incluidos en el grupo 1 del artículo 9 del Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo y que no se clasifiquen en el grupo anterior.
- Grupo 2.1: Gases no peligroso incluidos en el grupo 2 del artículo 9 del Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo (vapor de agua, gases inertes, inocuos, aire,...)
- Grupo 2.2: Otros fluidos no peligrosos que no se clasifiquen en el grupo anterior.

3.3. Clases de equipos

Potencial de riesgo	Características de los fluidos			
	1.1	1.2	2.1	2.2
1	Clase 1	Clase 1	Clase 1	Clase 2
2	Clase 1	Clase 2	Clase 2	Clase 3
3	Clase 2	Clase 3	Clase 3	Clase 4
4	Clase 3	Clase 4	Clase 4	Clase 5
5	Clase 4	Clase 5	Clase 5	Clase 5

Tabla 65. Clases de equipos en función del potencial de riesgo y de las características de los fluidos.

3.4. Clases para los equipos de la instalación propuesta

A continuación, la Tabla 66 muestra el grupo, el potencial de riesgo y la clase de los equipos presentes en la instalación.

Cabe indicar que no ha sido posible extraer la clase de la centrífuga M-433-1 debido a la falta de datos.

		Fluido	V. (m3)	Presión diseño (kg/cm2)	Presión diseño (bar)	Grupo	PR	Clase
E-432-12	Lado tubos	cw	-	6	5,88399	2.2	4	5
	Lado carcasa	Vapores	4,56	3	2,941995	2.1	4	4
E-433-2	Lado tubos	cw	6,92	3,5	3,432327	2.2	4	5
	Lado carcasa	Vapor agua	7,72	6	5,88399	2.1	3	3
E-435-3	Lado tubos	cw	0,17	6	5,88399	2.2	5	5
	Lado carcasa	Vapor	0,22	1,5	1,471	2.1	5	5
J-431-1	Lado tubos	cw	0,10	11	10,787	2.2	5	5
	Lado carcasa		0,10	11	10,787		5	5
J-433-1 ^a	Lado tubos	cw	0,16	-	6	2.2	5	5
	Lado carcasa		0,16	-	10,5		5	5
J-433-1B	Lado tubos	cw	0,06	-	6	2.2	5	5
	Lado carcasa		0,06	-	10,5		5	5

Tabla 66. Clase para los equipos de la instalación.

3.5.Niveles de inspección

La Tabla 67 muestra las inspecciones que tienen que realizarse en función de la clase y del nivel de inspección.

AGENTE Y PERIODICIDAD DE LAS INSPECCIONES PERIÓDICAS DE RECIPIENTES			
Clasificación del recipiente	Nivel de inspección		
	A	B	C
Clase 1	Inspector propio 4 años	O.C.A 6 años	O.C.A 12 años
Clase 2	Inspector propio 4 años	O.C.A 6 años	O.C.A 16 años
Clase 3	Inspector propio 6 años	Inspector propio (*) 10 años	No requiere
Clase 4	Inspector propio 6 años	Inspector propio 12 años	No requiere
Clase 5	Inspector propio 8 años	No requiere	No requiere

Tabla 67. Agente y periodicidad de las inspecciones.

*En caso de equipos especiales, las inspecciones de nivel B de la clase 3 se realizarán por OCA.

En la aplicación de la presente ITC, deberá tenerse en cuenta lo indicado en el anexo III del Reglamento de equipos a presión, con los siguientes criterios:

1. **Nivel de inspección A** (Inspección exterior en servicio)
Además de lo indicado en el anexo III del Reglamento de equipos a presión, deberá realizarse una comprobación de espesores por ultrasonido y /o cualquier ensayo no destructivo que se considere necesario. En caso de equipos cuya temperatura del metal no permita la realización de dichos ensayos, deberán ser realizadas en un plazo no superior a un año del establecido.
2. **Nivel de inspección B** (Inspección interior fuera de servicio)
Consistirá, al menos, en una completa inspección visual interna y comprobación de espesores de todas las partes sometidas a presión. Si de esta inspección resultase que hay motivos razonables para aumentar el control, se aplicarán los ensayos no destructivos que se consideren necesarios. Cuando una inspección interior no se pueda llevar a cabo por imposibilidad física o razones técnicas justificables, se sustituirá por los ensayos no destructivos necesarios que garanticen una seguridad equivalente o por una prueba de presión. En el caso de tuberías, no será necesario realizar la inspección interna.
3. **Nivel de inspección C** (Prueba de presión)
Los equipos sometidos a vacío no requerirán la realización de la prueba hidrostática.

3.6.Inspecciones para los equipos de la nueva instalación

En la siguiente tabla se observan las inspecciones a realizar a los equipos presentes en la instalación.

	Clase	Nivel A	Nivel B
E-432-12	5	Inspector propio 8 años	-
E-433-2	3	Inspector propio 6 años	Inspector propio 10 años
E-435-3	5	Inspector propio 8 años	-
J-431-1	5	Inspector propio 8 años	-
J-433-1A	5	Inspector propio 8 años	-
J-433-1B	5	Inspector propio 8 años	-

Tabla 68. Inspecciones para los equipos de la instalación.

4. INSPECCIÓN DE TUBERÍAS

Las tuberías que correspondan a unidades de proceso con diámetro superior a DN 50 y cuyo valor de PS.DN > 1.000 deberán ser inspeccionadas, al menos con el nivel B, por los agentes y con las periodicidades máximas que se indican, no siendo obligatorio realizar la de nivel C.

La Tabla 69 muestra las inspecciones que tienen que realizarse en las tuberías en función del nivel de inspección y del grupo de fluido. Cabe destacar que para nuestro caso que son todas las tuberías de acero al carbono se corresponde el grupo de fluido 2.2.

AGENTE Y PERIODICIDAD DE LAS INSPECCIONES PERIÓDICAS DE TUBERÍAS			
Nivel de inspección	Grupo de fluido		
	1.1	1.2	2.1 y 2.2
Nivel B	Inspector propio 5 años	Inspector propio 10 años	Inspector propio 12 años

Tabla 69. Agente y periodicidad de las inspecciones de tuberías.

4.1.Periodicidad de las inspecciones de las tuberías de la nueva red 1112

La Tabla 70 se ha extraído recopilando diámetros y presiones de diseño de todas las tuberías y a continuación se ha calculado el potencial de riesgo. Como punto final se comprueba si es aplicable una inspección o no.

Para el cálculo del potencial de riesgo se determina multiplicando el diámetro por la presión de diseño de cada tubería.

Como se ha comentado antes, si el potencial de riesgo es mayor de 1000 deberán ser inspeccionadas.

	ISOMÉTRICO	DIÁMETRO (in)	DIÁMETRO (mm)	Pdiseño (Kg/cm ²)	POTENCIA L RIESGO	¿APLICA? SI/NO
ADMISIÓN	73087	24	609.6	2	1219.2	SI
	73087	12	304.8	2	609.6	NO
	73087/1	10	254	A		NO
IMPULSIÓN	73088 h1	24	609.6	4.5	2743.2	SI
	73088 h2	24	609.6	6	3657.6	SI
	73088 h3	24	609.6	6	3657.6	SI
	67015	24	609.6	6	3657.6	SI
	67015	18	457.2	6	2743.2	SI
	67015	16	406.4	6	2438.4	SI
	67019	4	101.6	6	609.6	NO
	67019	2	50.8	6	304.8	NO
	67017	1 ½	38.1	6	228.6	NO
	73088 h4	8	203.2	6	1219.2	SI
	73088 h4	6	152.4	6	914.4	NO
	67057 h1	6	152.4	6	914.4	NO
	56076 h2	6	152.4	7	1066.8	SI
	67057 h2	6	152.4	6	914.4	NO
	67057 h2	4	101.6	6	609.6	NO
	67057 h3	6	152.4	6	914.4	NO
	67058 h2	4	101.6	6	609.6	NO
	67058 h1	4	101.6	6	609.6	NO
	a J-431-1	6	152.4	6	914.4	NO
	a J-431-1	1 ½	38.1	6	228.6	NO
RETORNO	73089 h1	24	609.6	6	3657.6	SI
	73089 h2	24	609.6	6	3657.6	SI
	73089 h3	24	609.6	6	3657.6	SI
	67016	18	457.2	6	2743.2	SI
	67016	16	406.4	6	2438.4	SI
	67020	4	101.6	6	609.6	NO
	67020	2	50.8	6	304.8	NO
	67018	1 ½	38.1	6	228.6	NO
	73089 h4	8	203.2	6	1219.2	SI
	73089 h4	6	152.4	6	914.4	NO
	67060 h1	6	152.4	6	914.4	NO
	56077 h2	6	152.4	6.1	929.64	NO
	56077 h1	6	152.4	6.1	929.64	NO
	67060 h2	6	152.4	6	914.4	NO
	67060 h3	6	152.4	6	914.4	NO
	67059	4	101.6	6	609.6	NO
	a J-431-1	6	152.4	6	914.4	NO
	a J-431-1	1 ½	38.1	6	228.6	NO

Tabla 70. Cálculo del potencial de riesgo en tuberías de la instalación actual.

	ISOMÉTRICO	DIÁMETRO (in)	DIÁMETRO (mm)	Pdiseño (Kg/cm2)	POTENCIAL RIESGO	¿APLICA? SI/NO
ADMISIÓN		24	609.6	2	1219.2	SI
		12	304.8	2	609.6	NO
		10	254	A		NO
IMPULSIÓN		24	609.6	4.5	2743.2	SI
		24	609.6	6	3657.6	SI
		24	609.6	6	3657.6	SI
		24	609.6	6	3657.6	SI

Tabla 71. Cálculo del potencial de riesgo en tuberías de la instalación propuesta.

A continuación, se muestra la periodicidad de la realización de las inspecciones.

	ISOMÉTRICO	POTENCIAL RIESGO	¿APLICA? SI/NO	Grupo	PERIODICIDAD
ADMISIÓN	73087	1219.2	SI	2.2	Inspector propio 12 años
	73087	609.6	NO		-
	73087/1		NO		-
IMPULSIÓN	73088 h1	2743.2	SI		Inspector propio 12 años
	73088 h2	3657.6	SI		Inspector propio 12 años
	73088 h3	3657.6	SI		Inspector propio 12 años
	67015	3657.6	SI		Inspector propio 12 años
	67015	2743.2	SI		Inspector propio 12 años
	67015	2438.4	SI		Inspector propio 12 años
	67019	609.6	NO		-
	67019	304.8	NO		-
	67017	228.6	NO		-
	73088 h4	1219.2	SI		Inspector propio 12 años
	73088 h4	914.4	NO		-
	67057 h1	914.4	NO		-
	56076 h2	1066.8	SI		Inspector propio 12 años
	67057 h2	914.4	NO		-
	67057 h2	609.6	NO		-
	67057 h3	914.4	NO		-
	67058 h2	609.6	NO		-
	67058 h1	609.6	NO		-
	a J-431-1	914.4	NO		-
	a J-431-1	228.6	NO		-
RETORNO	73089 h1	3657.6	SI		Inspector propio 12 años
	73089 h2	3657.6	SI		Inspector propio 12 años
	73089 h3	3657.6	SI		Inspector propio 12 años
	67016	2743.2	SI		Inspector propio 12 años

	67016	2438.4	SI		Inspector propio 12 años
	67020	609.6	NO		-
	67020	304.8	NO		-
	67018	228.6	NO		-
	73089 h4	1219.2	SI		Inspector propio 12 años
	73089 h4	914.4	NO		-
	67060 h1	914.4	NO		-
	56077 h2	929.64	NO		-
	56077 h1	929.64	NO		-
	67060 h2	914.4	NO		-
	67060 h3	914.4	NO		-
	67059	609.6	NO		-
	a J-431-1	914.4	NO		
	a J-431-1	228.6	NO		

Tabla 72. Periodicidad de la realización de las inspecciones en las tuberías de la instalación actual.

	ISOMÉTRICO	POTENCIAL RIESGO	¿APLICA? SI/NO	Grupo	PERIODICIDAD
ADMISIÓN		1219.2	SI	2.2	Inspector propio 12 años
		609.6	NO		-
			NO		-
IMPULSIÓN		2743.2	SI		Inspector propio 12 años
		3657.6	SI		Inspector propio 12 años
		3657.6	SI		Inspector propio 12 años
		3657.6	SI		Inspector propio 12 años

Tabla 73. Periodicidad de la realización de las inspecciones en las tuberías de la instalación propuesta.

5. INSPECCIÓN DE LAS VÁLVULAS DE SEGURIDAD

Las válvulas de seguridad se desmontarán cuando se realice la parada programada de inspección del sistema al que pertenecen, o cuando con la periodicidad que corresponda a la realización de las inspecciones de nivel B para su ajuste, prueba y precintado. La regulación se realizará en banco de pruebas, teniendo en cuenta las recomendaciones de los fabricantes de las mismas.

6. CONTENIDOS MÍNIMOS DE UN PLAN DE INSPECCIÓN

El plan de inspección deberá contener las tareas de inspección y el SCH requerido para supervisar los mecanismos de daño identificados y asegurar la integridad de presión en los sistemas de tuberías. El plan deberá:

- a) Definir el tipo de inspección necesaria, por ejemplo: interna, externa, en funcionamiento.
- b) Identificar la próxima data de inspección para cada tipo de inspección.
- c) Describir el método de inspección y las técnicas de examinación no destructivos (NDE).
- d) Describir la extensión y localización de la inspección y examinaciones no destructivas a la ubicación de monitoreo de condición.
- e) Describir la superficie necesaria que requiere limpieza para inspección y examinaciones por cada tipo de inspección.
- f) Describir los requerimientos de cualquier presión de prueba necesaria (por ejemplo: tipo de prueba, presión de prueba, temperatura de prueba y duración).
- g) Describir cualquier reparación requerida si se sabe o planificado previamente antes de la próxima inspección.

La inspección también puede contener otros detalles para ayudar a entender la razón del plan y la ejecución del plan. Algunos de estos detalles pueden incluir:

- a) Descripción de los tipos de daño anticipados o experimentados en sistemas de tuberías.
- b) Definición de la localización del daño esperado.
- c) Definición de cualquier acceso especial, y preparación necesaria.

6.1. Inspección basada en riesgos

La Inspección basada en Riesgos (RBI) es un proceso que identifica, evalúa y realiza un mapeo de los riesgos industriales (debido a corrosión y grietas por esfuerzo), los cuales pueden comprometer la integridad del equipo, tanto en equipo presurizado como en elementos estructurales. La Inspección basada en Riesgos trata sobre riesgos que pueden ser controlados a través de inspecciones y análisis apropiados. Durante el proceso de Inspección basada en Riesgos (RBI), los ingenieros diseñan estrategias de inspección (qué, cuándo, cómo inspeccionar) que coinciden de la manera más eficiente con los mecanismos de degradación proyectado u observados.

7. MECANISMOS DE DAÑO SEGÚN NORMA 571

Aparecen 4 tipos de mecanismos de daño, que son:

- Mecánicos y metalúrgicos
- Por pérdida de espesor localizada
- Corrosión por alta temperatura
- Medio ambiente - Fisuración asistida

En nuestro caso para el plan de inspección de toda la red de refrigeración le corresponden los mecanismos de daño por pérdida de espesor localizada, en concreto aparecen daños debidos a:

1. Corrosión atmosférica
2. Corrosión por agua de refrigeración

7.1. Corrosión atmosférica

7.1.1. Descripción del daño

Una forma de corrosión que ocurre a partir de la humedad asociada con las condiciones atmosféricas. Entornos marinos y los ambientes industriales contaminados húmedos con contaminantes transportados por el aire.

7.1.2. Materiales que afecta

Acero al carbono, aceros de baja aleación y aluminio aleado con cobre.

7.1.2 Factores críticos

- a) Localización física (industrial, marino, rural); Humedad; diseños que atrapan humedad o cuando están presentes en una niebla de torre de enfriamiento; temperatura; presencia de sales, compuestos de azufre y suciedad.
- b) Ambientes marinos pueden ser muy corrosivos al igual que ambientes industriales que contienen ácidos o compuestos de azufre.
- c) Las ubicaciones en el interior expuestas a una cantidad moderada de precipitación o humedad se consideran ambientes moderadamente corrosivos.
- d) Los ambientes rurales secos generalmente tienen tasas de corrosión muy bajas.
- e) Los diseños que atrapan agua o humedad en grietas son más propensos a los ataques.
- f) Los ratios de corrosión se incrementan con la temperatura por encima de 121 °C. Por encima de 121 °C son muchas veces ambientes secos para que ocurra la corrosión excepto bajo aislamiento.
- g) Los cloruros, H₂S, cenizas volantes y otros contaminantes en el aire de la deriva de la torre de enfriamiento, pilas de hornos y otros equipos aceleran la corrosión.
- h) Los restos de aves también pueden causar corrosión acelerada y manchas antiestéticas.

7.1.3. Equipos o elementos afectados

- a) Tuberías o equipos con temperaturas de operación suficientemente bajas para permitir que la humedad esté presente.
- b) Un sistema de pintura o recubrimiento en malas condiciones.
- c) El equipo puede ser susceptible si se realiza un ciclo entre el ambiente y temperaturas de operación más altas o más bajas.
- d) Equipo apagado o inactivo por períodos prolongados a menos que esté apropiadamente desactivado.
- e) Los tanques y las tuberías son particularmente susceptibles. La tubería que descansa sobre soportes de tubería es muy propensa a atacar debido al atrapamiento de agua entre la tubería y el soporte.
- f) La orientación hacia el viento y la lluvia prevalecientes también puede ser un factor.
- g) Los muelles son muy propensos al ataque.
- h) Conexiones bimetálicas como conexiones eléctricas de cobre a aluminio.

7.1.4. Apariencia

- a) El ataque será general o localizado, dependiendo de la humedad.
- b) Si no hay revestimiento o si hay una falla en el recubrimiento, la corrosión o la pérdida de espesor pueden ser generales.
- c) Las fallas de recubrimiento localizadas tenderán a promover la corrosión.
- d) La pérdida de metal puede que no sea evidente, aunque normalmente se forma una escala distintiva de óxido de hierro (óxido rojo).

7.1.5. Prevención

La preparación de la superficie y la aplicación adecuada del recubrimiento son fundamentales para la protección a largo plazo en ambientes corrosivos.

7.1.6. Inspección

- Inspección visual (VT)

La inspección visual significa que el inspector verifica las superficies de las conexiones soldadas, los componentes mecanizados o los materiales de diversos tipos después de las necesidades y deseos de los clientes. La inspección visual se realiza de acuerdo con procedimientos específicos y criterios de aceptación.

- Ultrasonido ultrasónico (UT)

El ultrasonido ultrasónico (UT) es a menudo un método usado para detectar defectos / indicaciones internas en soldaduras y otros objetos, especialmente bueno en materiales más gruesos donde la radiografía es limitada o no es posible. El ultrasonido se usa a menudo para probar acero, aluminio, plásticos, materiales compuestos y objetos fundidos

7.2. Corrosión por agua de refrigeración

7.2.1. Descripción del daño

Corrosión general o localizada en aceros al carbono y en otros metales causados por sales disueltas, gases, componentes orgánicos o actividad microbiana.

7.2.2. Materiales afectados

Aceros al carbono, todos los grados de acero inoxidable, cobre, aluminio, titanio y aleaciones a base de níquel.

7.2.3. Factores críticos

a) La corrosión e incrustaciones del agua de refrigeración están estrechamente relacionadas y deben considerarse juntas. La temperatura del fluido, el tipo de agua (fresca, salobre, agua salada) y el tipo de sistema de enfriamiento (de circulación directa, de circulación abierta, de circulación cerrada), de oxígeno y de fluidos son factores críticos.

b) El aumento de las temperaturas de salida del agua de refrigeración y / o las temperaturas de entrada del lado del proceso tienden a aumentar las tasas de corrosión, así como la tendencia al ensuciamiento.

c) El aumento del contenido de oxígeno tiende a aumentar las tasas de corrosión del acero al carbono.

d) Si la temperatura del lado del proceso es superior a 140 ° F (60 ° C), existe un potencial de incrustación con agua dulce y es más probable a medida que aumenta la temperatura del proceso y aumenta la temperatura de entrada del agua de refrigeración. Las temperaturas de salida del agua salada y salobre por encima de 115 ° F (46 ° C) pueden causar escamas graves.

e) Las incrustaciones pueden ocurrir a partir de depósitos minerales (dureza), limo, materiales orgánicos suspendidos, productos de corrosión, incrustaciones de plantas, crecimiento marino y microbiológico.

f) Las velocidades deben ser lo suficientemente altas como para minimizar el ensuciamiento y la caída de los depósitos, pero no tan altas como para causar erosión. Los límites de velocidad dependen del material del tubo y la calidad del agua.

g) Las bajas velocidades pueden promover una mayor corrosión. Las velocidades por debajo de aproximadamente 3 fps (1 m / s) probablemente provoquen incrustaciones, sedimentación y corrosión incrementada en los sistemas de agua dulce y salobre. La corrosión acelerada también puede resultar de puntos muertos o áreas estancadas si se usa agua de enfriamiento en el lado de la carcasa de los condensadores / enfriadores en lugar del lado preferido del tubo.

h) 300 Series SS puede sufrir corrosión por picaduras, corrosión en grietas y SCC en sistemas de agua dulce, salobre y salada.

i) Las aleaciones de cobre / zinc pueden sufrir una deszincificación en sistemas de agua dulce, salobre y salada. Las aleaciones de cobre / zinc pueden sufrir SCC si hay presentes compuestos de amoníaco o amoníaco en el agua o en el lado del proceso.

j) El acero al carbono ERW puede sufrir una corrosión de zonas afectadas por soldadura y / o calentamiento intenso en agua dulce y / o salobre.

k) Cuando se conecta a un material más anódico, el titanio puede sufrir una fragilización por hidruración severa. Generalmente, el problema ocurre a temperaturas superiores a 180 ° F (82 ° C) pero puede ocurrir a temperaturas más bajas.

7.2.4. Unidades afectadas o equipamiento

La corrosión del agua de refrigeración es una preocupación de los intercambiadores de calor y torres de enfriamiento refrigerados por agua en todas las aplicaciones en todas las industrias.

7.2.5. Apariencia o morfología del daño

a) La corrosión del agua de refrigeración puede dar lugar a muchas formas diferentes de daños, incluida la corrosión general, la corrosión por picadura (Figura 4-40), la MIC, el agrietamiento por corrosión bajo tensión y el ensuciamiento.

b) La corrosión general o uniforme del acero al carbono ocurre cuando hay oxígeno disuelto.

c) La corrosión localizada puede ser el resultado de corrosión debajo del depósito, corrosión en grietas o corrosión microbiológica.

d) Los depósitos o hendiduras pueden conducir a una corrosión insuficiente o grietas de cualquiera de los materiales afectados.

e) La corrosión ondulada o lisa en las entradas / salidas de las boquillas y las entradas de los tubos puede deberse a corrosión, erosión o abrasión inducidas por el flujo.

f) La corrosión en las áreas de soldadura ERW aparecerá como surco a lo largo de las líneas de fusión de la soldadura.

g) Se puede requerir el análisis metalúrgico de muestras de tubo para confirmar el modo de falla.

7.2.6. Prevención

a) La corrosión (y el ensuciamiento) del agua de refrigeración pueden evitarse mediante un diseño, operación y tratamiento químico adecuados de los sistemas de agua de refrigeración.

b) Diseñe para temperaturas de entrada del lado del proceso por debajo de 135 ° F (57 ° C).

- c) Se deben mantener las velocidades mínima y máxima del agua, particularmente en los sistemas de agua salada.
- d) La metalurgia de los componentes del intercambiador de calor puede necesitar ser mejorada para una resistencia mejorada, especialmente en aguas con alto contenido de cloruro, baja velocidad, altas temperaturas de proceso y / o química del agua mal mantenida.
- e) Se debe realizar una limpieza mecánica periódica de las ID del tubo y los OD para mantener limpias las superficies de transferencia de calor.
- f) Con muy pocas excepciones, el agua de refrigeración debe estar en el lado del tubo para minimizar las áreas estancadas.

7.2.7. Inspección y monitorización

- a) El agua de enfriamiento debe monitorearse para detectar variables que afecten la corrosión y las incrustaciones, incluido el pH, el contenido de oxígeno, los ciclos de concentración, el biocida residual, la actividad biológica, las temperaturas de salida del agua de refrigeración, la contaminación por hidrocarburos y las fugas del proceso.
- b) El cálculo periódico de los factores U (medición del rendimiento del intercambiador de calor) proporcionará información sobre la incrustación y el ensuciamiento.
- c) Los medidores de flujo ultrasónico se pueden usar para verificar la velocidad del agua en los tubos.
- d) Inspección CE o IRIS de tubos.
- e) División de tubos representativos.

ANEXO IV: CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS

ÍNDICE

1. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS ACTUALES.....	1
2. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS NUEVOS	6

1. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS ACTUALES

- **Bomba centrífuga P-1112-3A**

En la Tabla 74 se muestran las características de la bomba centrífuga que hay actualmente en funcionamiento.

Modelo	3410
Tamaño	10 x 12-17L
Diámetro del impulsor o rodete	16,75''
Servicio	Bomba de circulación
Fluido	Agua de refrigeración
Tipo	Centrífuga, horizontal, cámara rápida
Caudal de diseño	1200m ³ /h
Densidad	1000 kg/m ³
Viscosidad	1 cp
Temperatura de bombeo	27°C máximo 30°C
Presión de aspiración	1 Kg/cm ² abs máximo 1,1 Kg/cm ² abs
Presión de impulsión	5,5 Kg/cm ² abs
Tipo de cierre	Mecánico, simple
Potencia motor	270 CV /198,585kW
Velocidad	1500rpm
Material cuerpo	Fundición de hierro
Material del rodete	Acero inoxidable 316 SS
Eje	AISI 4150
Cajera cierre mecánico	Fundición hierro
Soportes rodamientos	Fundición hierro
Soportes rodamientos	Fundición hierro
Camisa eje	Acero inoxidable 316 SS
Casquillo protector eje	Acero inoxidable 316 SS
Estanqueidad	Cierre mecánico simple J.CRANE tipo 81T, código XF ₅₁ 10 ₁₀ 1 en carbón contra cerámica, partes metálicas en 316 SS, elastómero en vitón.
Bancada	Acero al carbono

Tabla 74. Características de la bomba centrífuga P-1112-3A.

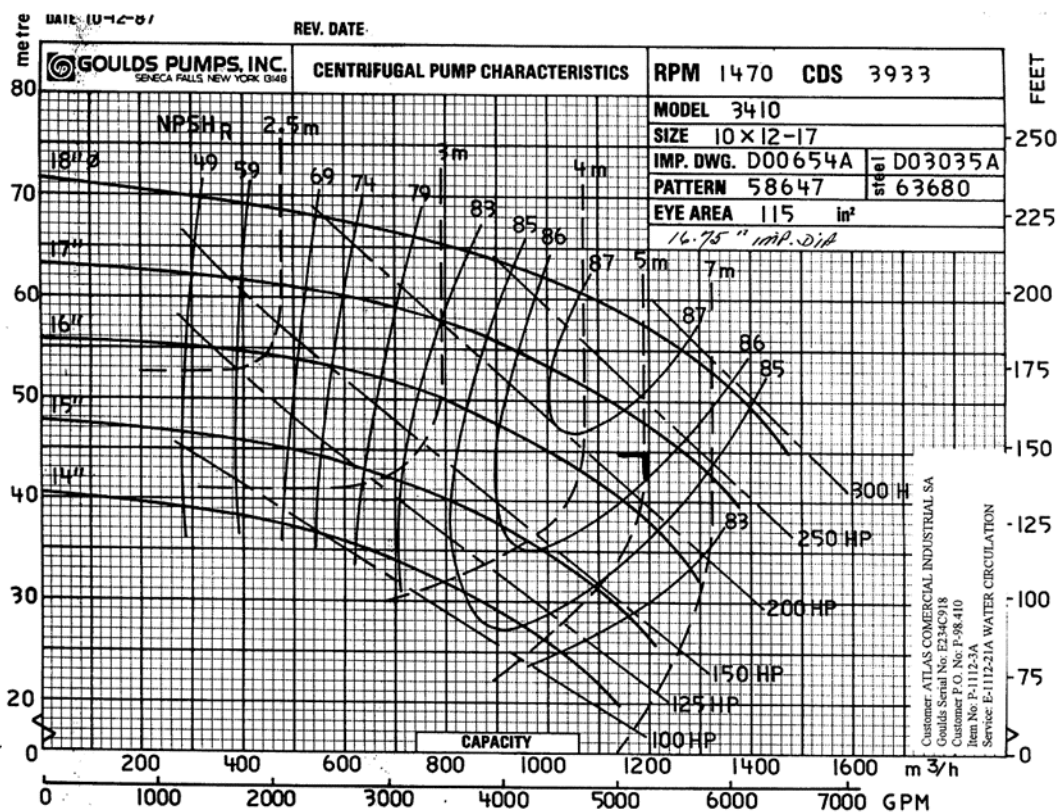


Imagen 89. Curva de la bomba P-1112-3A.

- **Motor de la bomba centrífuga P-1112-3A**

En la Tabla 75 se muestran las características técnicas del motor de la bomba centrífuga P-1112-3A.

Tipo	Trifásico, Asíncrono de inducción de rotor de jaula de ardilla
Potencia	200 kW
Tensión nominal	500 V
Frecuencia	50 Hz
Otros datos	Aislamiento clase F, arranque directo, Exn II T-3 IP-55. Incluirá dos puntos de conexión a tierra: Uno en el interior de la caja de bornes y otro en la carcasa. Marca del motor AEG.

Tabla 75. Características del motor de la bomba P-1112-3A.

- **Características de la torre de refrigeración**

En las Tablas 76 y 77 se detallan las características de la torre de refrigeración utilizada en la red 1112.

Item:	E-1112-2A
Servicio	Agua de refrigeración UBESOL
Tipo	Torre de tiro inducido
Cantidad	Una celda
Factor de servicio	Continuo, 24 horas al día

Tabla 76. Características generales de la torre de refrigeración.

Calor disipado	12.000.000 Kcal/h	
Caudal	1.200 m ³ /h	
Temperatura agua caliente	37°C	
Temperatura agua refrigerada	27°C	
Temperatura bulbo húmedo	23,3°C	
Salto térmico	10°C	
Características del agua de refrigeración	Normal	Diseño mecánico
Presión de suministro (kg/cm ²)	2	6
Presión de retorno (kg/cm ²)	1	6
Temperatura de suministro (°C)	23	60
Temperatura de retorno (°C)	37	60

Tabla 77. Características de diseño de la torre de refrigeración.

- **Equipo J-431-1**

En la Tabla 78 se muestran características del eyector número uno situado en la unidad 431.

ITEM	Condensadores Unidad de vacío J-1 (Intermedio)		Condensadores Unidad de vacío J-1 (Final)	
Servicio	Condensación de los vapores de proceso procedentes de R-2		Condensación de los vapores de proceso procedentes de R-2	
Superficie de intercambio, m ²	3		1	
	CARCASA	TUBOS	CARCASA	TUBOS
Dimensiones, mm	D=250,8		D=250,8	
Material	A 312 Tp 316L			A 312 Tp 316L
Presión de diseño, Kg/cm ² g	11 y vacío	11	11 y vacío	11

Tabla 78. Características del equipo J-431-1.

- **Equipo E-432-12**

En la Tabla 79 se muestran características del intercambiador número doce situado en la unidad 432.

ITEM	E-12	
Servicio	Condensado del Cristalizador II (antiguo E-423-8)	
Calor intercambiado, Kcal/h	1.711.000	
Superficie de intercambio, m ²	270	
Tipo	CARCASA	TUBOS
Fluido	Vapores proceso	Agua refrigeración
Caudal, Kg/h	3.008	132.460
Densidad, g/m ³	0,000148/0,981	1
Temperatura de entrada, °C	75	27
Temperatura de salida, °C	63	40
Presión de operación, Kg/cm ² g	0,22	4
Presión de diseño, Kg/cm ²	3/ vacío total	6
Perdida de carga, Kg/cm ²	0,02	0,2
Número de pasos	1	6
Dimensiones, mm	Diámetro = 1.180	Diámetro = 1” L = 4.880 / N = 739
Material y aislamiento	AISI 304L / NO	AISI 304 / NO

Tabla 79. Características del equipo J-432-12.

- **Equipo M-433-1**

En la Tabla 80 se muestran características de la centrífuga número uno situada en la unidad 431.

ITEM	M-1
Servicio	Separación en régimen continuo durante 24 horas diarias de los cristales de sulfato de sus aguas madres de cristalización
Tipo	Centrífuga de cesta horizontal con malla filtrante y empujador de una sola etapa
DATOS TÉCNICOS	
Diámetro interior de la cesta	658 mm
Espesor máximo de la torta	80 mm
Densidad aparente de la torta	1100 Kg/m ³
Velocidad de trabajo	1000rpm
Luz de ranuras del tamiz	0,30 mm
Motor de accionamiento de la cesta, potencia instalada	30 kW
Velocidad nominal del motor	1500 rpm
Transmisión	Correas trapezoidales

Motor del empujador	18,5 kW
Velocidad	1500 rpm

Tabla 80. Características generales del equipo M-433-1.

- **Equipo E-433-2**

En la Tabla 81 se muestran características del intercambiador número dos situado en la unidad 433.

ITEM	E-2	
Servicio	Condensador y subenfriador de vapores, a la salida del cristalizador D-1	
Calor intercambiado, Kcal/h	10.500.000 (máximo)	
Superficie de intercambio, m ²	678	
Tipo	CARCASA	TUBOS
Fluido	Vapor de agua más trazas de sulfato	Agua de refrigeración
Caudal, Kg/h	18.232	976.000
Densidad, g/m ³		1.000
Temperatura de entrada, °C	53	27
Temperatura de salida, °C	39	38
Presión de operación, Kg/cm ² g	-0,88	1,2
Presión de diseño, Kg/cm ²	3,5 / -1	6
Perdida de carga, Kg/cm ²	< 0,01	0,5
Número de pasos	1	4
Dimensiones, mm	Diámetro = 1100	Longitud = 6000
Material	AISI-316L	Acero carbono
Aislamiento	NO	-

Tabla 81. Características generales del equipo E-433-2.

- **Equipo J-433-1A y J-433-1B**

En la Tabla 82 se muestran características del eyector número uno A y uno B situado en la unidad 433.

ITEM	J-1A/B	
Descripción y dimensiones		
Condensador de superficie		
Modelo	CS Y/Z-12”x120”	
Superficie	18,7 m ²	
Tipo	Tubos	Envolvente
Condiciones de servicio	Agua	Vapor
Presión de diseño	6 bar	10,5 bar
Presión de prueba	9 bar	15,75 bar

Tabla 82. Características generales del equipo J-433-1A y J-433-1B.

- **Equipo E-435-3**

En la Tabla 83 se muestran características del intercambiador número tres situado en la unidad 435.

ITEM	E-3	
Servicio	Condensador purga D-435-2	
Calor intercambiado, Kcal/h	7921	
Superficie de intercambio, m ²	9,9	
Tipo	CARCASA	TUBOS
Fluido	Vapor de D-435-2	Agua de refrigeración
Caudal, Kg/h	15	550
Densidad, g/m ³	1022	995
Temperatura de entrada, °C	117	30
Temperatura de salida, °C	100	45
Presión de operación, Kg/cm ² g	0,8	4,4
Presión de diseño, Kg/cm ²	1,5/-1	6/-1
Perdida de carga, Kg/cm ²	0,05	0,2
Número de pasos	2	4
Dimensiones, mm	Diámetro = 508	25x2x1570 (80 tubos)
Material	AISI-316L	AISI-316L
Aislamiento	Si	-

Tabla 83. Características generales del equipo E-435-3.

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS NUEVOS

- **Bomba centrífuga P-1112-3B**

La nueva bomba centrífuga a colocar en la propuesta planteada tendrá las mismas características que la especificada en el apartado anterior.

- **Motor de la bomba centrífuga P-1112-3A**

El motor de la nueva bomba centrífuga tendrá las mismas características que el especificado en el apartado anterior.

- **Válvula limitadora**

En las imágenes 90 y 91 se muestran las características técnicas de la válvula limitadora de DN400 y PN16.

A válvula de controlo FLUCON 200 é do tipo globo, operada por piloto hidráulico, atuada por diafragma. A única parte móvel é o conjunto do diafragma reforçado por tela.

A haste é completamente guiada na parte superior e inferior, na sede e Tampa. O conjunto do diafragma forma uma câmara selada, separando a pressão de controlo da pressão de linha.

Operação

Independente das variações de caudal ou pressão à entrada a FLUCON 200.06(OC) mantém um caudal fixo e constante através da válvula principal, indiferente a mudanças de pressão. É equipada a jante com um orifício calibrado.

I – O piloto (5) está ligado diretamente a um orifício calibrado (8) para medir o diferencial de pressão (ΔP). Mudanças neste valor movem o piloto hidráulico de pressão diferencial (5) e a válvula principal manterá o caudal predefinido. Aumento do diferencial fecha a válvula principal, diminuição do diferencial abre válvula principal.

II – As válvulas de esfera (2) isolam o sistema piloto da linha principal. Em funcionamento estas válvulas devem estar abertas. Ao fechar apenas a válvula de jante obtém-se o fecho da válvula principal (1).

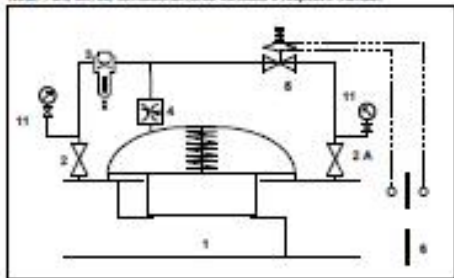
III – O controlador OCS/OCSG (4) regula a velocidade de abertura e fecho da válvula principal.

IV – O filtro de alta capacidade (3) protege o sistema piloto de partículas e sujidade.

V – O ajuste da pressão desejada é feito com um único parafuso de regulação no topo do piloto redutor de pressão (5). Para aumentar a pressão rodar o parafuso de regulação no sentido dos ponteiros do relógio, para diminuir rodar no sentido contrário.

VI – O orifício é calculado para limitar caudal no valor predefinido.

Nota: Para correto dimensionamento consulte o respetivo manual.



CONSTRUÇÃO STANDARD			
Nº	Descrição	Qtd.	tipo
1	Válvula principal	1	300
2	Válvula de isolamento de esfera	2	VS
3	Filtro alta capacidade + orifício	1	FAC
4	Controlador de tempo abertura/fecho	1	OCS
5	Piloto de controlo diferencial	1	06
8	Orifício	1	OC
Acessórios Opcionais			
11	Manómetros	1	M
	Controlador de tempo abertura/fecho diferencial	1	OCSG
	Sistema anti cavitação	1	ACS
	Cone de regulação parabólico	1	P

Características

- Válvula hidráulica auto pilotada, controlada pelo fluido, não necessita de energia exterior
- Sistema piloto com filtro de alta capacidade, transparente para inspeção visual e purga manual
- Controlador de tempo de abertura e fecho da válvula
- Distância flange a flange de acordo com DIN 3202 F4 (EN558-1) - DN50 – DN250
- Flanges de acordo com EN1092-2
- Testada de acordo com EN 12286 (DIN 3230-4)



Materiais

Válvula principal:

- Corpo e Tampa: Ferro fundido dúctil EN-JS 1030 (EN 1563)
- Sede e balante: Aço inoxidável 1.4404
- Obturador: EPDM
- Diafragma: NBR
- Proteção à corrosão: Epóxi aplicada por fusão eletrostática espessura mínima 250 µm, RAL 5005 (azul)

Sistema piloto:

- Tubagem e acessórios: Aço inoxidável 1.4404
- Vedantes: EPDM
- Piloto e corpo do filtro: Aço inoxidável 1.4404
- Copo do filtro: Polipropileno resistente à pressão

Gamas de funcionamento

Standard: 06 $\Delta P \leq 0,3$ bar

PN40 sob consulta.

Dados para fabrico

- Pressão estática a montante da válvula
- Pressão dinâmica a montante da válvula
- Caudal máximo a limitar
- Caudal mínimo

Nota

As válvulas de controlo devem preferencialmente ser instaladas entre duas válvulas de seccionamento e deve ser instalado a montante um filtro para retenção de sujidade.

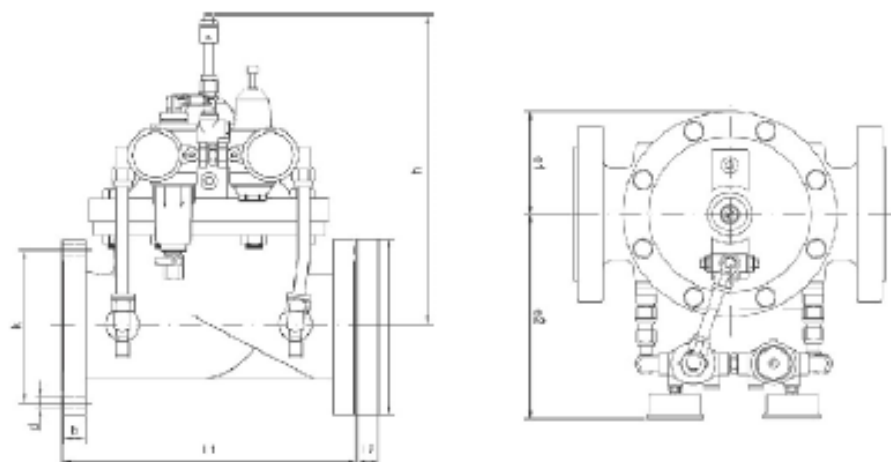
Para correte instalação e colocação em serviço, por favor consulte as instruções de montagem e dimensionamento.

Aplicações Típicas

Usado para manter um caudal fixo.

Imagen 90. Características técnicas de la válvula limitadora.

VÁLVULA LIMITADORA DE CAUDAL EM LINHA
FLUCON 200.06(OC)
PN 10/16/25 – DN 50 - 600



		Dimensões em mm														
Dimensão nominal		DN	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	
Características construtivas de acordo com API 600-1	L1	280	280	310	350	400	440	480	630	730	750	800	840	1080	1300	
	D	ver PN 10														
	s															
	Rosa															
	d															
Dimensão flanges	PN 10	s														
	L2*															
	D	187	188	200	220	250	284	340	410	484	520	580	640	715	840	
	s	125	140	160	180	210	240	280	350	410	470	525	590	650	770	
	Rosa	4	4	8	8	8	8	8	12	12	12	15	15	30	30	
	d	19	19	19	19	19	23	23	28	28	28	31	34	37	37	
	Dimensão flanges	PN 16	s	17	20	20	20	25	28	28	28	32	32	32	32	38
L2*		28	28	31	31	33	33	37	43	43	47	50	54	54	54	
D		187	188	200	220	270	300	360	428	498	558	620	730	730	840	
s		125	140	160	180	220	250	310	370	430	490	550	660	660	770	
Rosa		4	8	8	8	8	8	12	12	15	15	15	30	30	30	
Dimensão flanges	PN 25	d	19	19	19	20	25	28	28	28	31	31	34	37	37	47
	s	20	20	20	20	25	28	28	30	32	34	38	40	37	42	
	L2*	31	35	37	37	39	41	43	47	51	55	57	58	58	58	
	e1	90	120	120	150	150	150	200	250	280	280	340	440	440	440	
	e2	310	340	340	370	370	370	425	470	500	500	510	530	530	530	
Com pátio eixo	e3	180	220	230	260	260	270	310	335	360	360	400	510	510	510	
	h	280	280	280	440	440	440	580	580	720	720	850	850	850	850	
	kg	18	38	38	50	65	75	180	220	280	440	580	875	875	945	
	Volume	m3	0,040	0,076	0,080	0,117	0,137	0,159	0,304	0,481	0,568	0,830	0,830	1,20	1,20	1,20


(*) Apenas para válvulas limitadoras de caudal

NOTA: h - com VPI - Indicador de Posição

Imagem 91. Características dimensionais em a válvula limitadora.

- **Variador de frecuencia**

A continuación, en la Imagen 92 se muestra la oferta realizada y las características que incluye.



Número de oferta: 00153231/R1		Fecha de oferta: 12 de septiembre de 2018
Especificaciones técnicas detalladas		
Posiciones	Artículo no.	Descripción
10	135X7633	VACON0100-3L-0385-5-FLOW+IP00+FL03+DLES
Texto largo / texto de licitación		
Serie de productos		: Vacon 100 series
Segmento		: VACON 100 FLOW
Montaje		: DM = convertidor en módulo
Entrada		: -3L
Tensión de red		: 380-500 Vac
Intensidad		: 385 A
Intervalo de potencia configur		: IP00
EMC levels		: C3 Commercial&Industry Environ
HMI principal opcional		: Panel gráfico MK01
Chopper de frenado para frenad		: Sin dispositivo de frenado din
B-Slot Option Board		: 3 Relay board SBF3
C- Slot Option Board		: No Board on slot C (+SC00)
D-Slot Option Board		: No Board on slot D (+SD00)
E-Slot Option Board		: No Board on slot E (+SE00)
Batería auxiliar opcional		: Sin batería para el reloj en t
Filtro de modo común		: Sin opción (+P000)
Filtro DUT		: Sin opción (+P000)
Equipo adicional A		: Sin opción (+Q000)
Equipo adicional B		: Sin opción para Qxxx_B (+Q000)
Equipo adicional C		: Sin opción adicional para Qxxx
Motor Parameter default settin		: 50 Hz def motor freq settings
Firmware Language Pack		: UK, ES, FR, IT, NL, PT lang
Nivel de documentación		: Manuales impresos incluidos (+
Documentation language prefere		: Spanish Lang. Manuals (+DLES)
Selección FB interno		: Protocolo estándar, Modbus, N2
Fuente de alimentación auxilia		: sin opción (+C000)
Toma de C/C para dispositivos a		: sin opción (+C000)
Dispositivos de salida_A		: sin opción (+P000)
Dispositivos de salida_B		: sin opción (+P000)
Equipos de puerta_A		: sin opción (+C000)
Accesorios de armario_A		: sin opción (+C000)
Accesorios de armario_B		: sin opción (+C000)
Accesorios de armario_C		: sin opción (+C000)
Protection Device_A		: no option (+C000)
Dispositivo de protección_B		: sin opción (+C000)
Opciones de hardware de armari		: sin opción (+C000)
Opciones de hardware de armari		: sin opción (+C000)
Variación ambiental A		: sin opción
Aprobación de UL		: Aprobación de UL (+GAUL)
Aprobación CE		: Aprobación CE (+GACE)
Aprobación de C-Tick para el p		: Aprobación de C-Tick N16307 (+
Aprobación EAC		: Aprobación KC
Motor Power Low Overload [kW]		
		: 200
Continuous Current (NO) [A]		
		: 385
Dimensions WxHxD [mm]		
		: 508X980X525
Calculated Net Weight [kg]		
		: 221,980
Tamaño Chasis		
		: MR10

Imagen 92. Características ofertadas del variador.

Rango de potencia 380-500 V / VACON® 100 INDUSTRIAL, VACON® 100 FLOW

Tensión de red 380-500 V, 50-60 Hz	Tipo de convertidor de frecuencia	Convertidor en módulo	Convertidor en armario	Sobrecarga baja -INDUSTRIAL, -FLOW			Sobrecarga alta -INDUSTRIAL			Intensidad máxima Is (2 s) [A]	Tamaño del alojamiento
				Capacidad de carga	Potencia eje motor		Capacidad de carga	Potencia eje motor			
				40 °C intensidad nominal continua I _{rated} [A]	400 V potencia de alimentación 40 °C LO [kW]	480 V NEMA/NEC potencia 40 °C LO [CV]	50 °C intensidad nominal continua I _{rated} [A]	400 V potencia de alimentación 50 °C HO [kW]	480 V NEMA/NEC potencia 50 °C HO [CV]		
VACON 0100-3L-0003-5-xxxx				3.4	1.1	1.5	2.6	0.75	1	5.2	MR4
VACON 0100-3L-0004-5-xxxx				4.8	1.5	2	3.4	1.1	1.5	6.8	
VACON 0100-3L-0005-5-xxxx				5.6	2.2	3	4.3	1.5	2	8.6	
VACON 0100-3L-0008-5-xxxx				8	3	4	5.6	2.2	3	11.2	
VACON 0100-3L-0009-5-xxxx				9.6	4	5	8	3	4	16	MR5
VACON 0100-3L-0012-5-xxxx				12	5.5	7.5	9.6	4	5	19.2	
VACON 0100-3L-0016-5-xxxx				16	7.5	10	12	5.5	7.5	24	
VACON 0100-3L-0023-5-xxxx				23	11	15	16	7.5	10	32	
VACON 0100-3L-0031-5-xxxx				31	15	20	23	11	15	46	MR6
VACON 0100-3L-0038-5-xxxx				38	18.5	25	31	15	20	62	
VACON 0100-3L-0046-5-xxxx				46	22	30	38	18.5	25	76	
VACON 0100-3L-0061-5-xxxx				61	30	40	46	22	30	92	
VACON 0100-3L-0072-5-xxxx				72	37	50	61	30	40	122	MR7
VACON 0100-3L-0087-5-xxxx				87	45	60	72	37	50	144	
VACON 0100-3L-0105-5-xxxx				105	55	75	87	45	60	174	
VACON 0100-3L-0140-5-xxxx	*	-ED		140	75	100	105	55	75	210	
VACON 0100-3L-0170-5-xxxx	*	-ED		170	90	125	140	75	100	280	MR8
VACON 0100-3L-0205-5-xxxx	*	-ED		205	110	150	170	90	125	340	
VACON 0100-3L-0261-5-xxxx	*	-ED		261	132	200	205	110	150	410	
VACON 0100-3L-0310-5-xxxx	*	-ED		310	160	250	251	132	200	502	
VACON 0100-3L-0385-5-xxxx	**	-ED		385	200	300	310	160	250	620	MR9
VACON 0100-3L-0460-5-xxxx	**	-ED		460	250	350	385	200	300	770	
VACON 0100-3L-0520-5-xxxx	**	-ED		520	250	450	460	250	350	920	
VACON 0100-3L-0590-5-xxxx	**	-ED		590	315	500	520	250	450	1040	
VACON 0100-3L-0650-5-xxxx	**	-ED		650	355	500	590	315	500	1180	MR10
VACON 0100-3L-0730-5-xxxx	**	-ED		730	400	600	650	355	500	1300	
VACON 0100-3L-0820-5-xxxx	**	-ED		820	450	700	730	400	600	1460	
VACON 0100-3L-0920-5-xxxx	**	-ED		920	500	800	820	450	700	1640	
VACON 0100-3L-1040-5-xxxx	**	-ED		1040	560	900	920	500	800	1840	
VACON 0100-3L-1180-5-xxxx	**	-ED		1180	630	1000	920	500	800	1840	

* IP00, IP21 e IP54
** IP00

Imagen 93. Características eléctricas del variador.

Características técnicas

VACON® 100 INDUSTRIAL, VACON® 100 FLOW

Conexión de red	Tensión de entrada	208-240 V: 380-500 V 525-690 V
	Frecuencia de entrada	50-60 Hz
Conexión del motor	Tensión de salida	0-Tensión de entrada
	Frecuencia de salida	0-320 Hz
Conexión de control	I/O	2 × AI, 6 × DI, 1 × AO, 10 Vref, 24 Vin, 2 × 24 Vout, 3 × RO o 2 × RO + TI
	Ethernet	Modbus TCP/IP, BACnet IP, PROFINET, EtherNet/IP
	RS485	Modbus RTU, Metasys N2, BACnet MSTP
Condiciones ambientales	Temperatura ambiente de funcionamiento	-10 °C-50 °C (-14 °F-122 °F), reducción de potencia 1,5 %/1 °C por encima de 40 °C (104 °F)
	Tipo de protección	IP21/UL Tipo 1 de serie IP54/UL Tipo 12 opcional IP00 para bastidores MR8-MR12
CEM	Inmunidad	CEI 61800-3, primer y segundo entorno
	Emisiones	CEI 61800-3, categoría C2 CEI 61800-3, categoría C3 para módulos IP00 y convertidores en armario
Seguridad funcional	Safe Torque Off	Tarjeta opcional OPT-BJ

Dimensiones

VACON® 100 INDUSTRIAL, VACON® 100 FLOW

Tamaño del bastidor	IP21 e IP54				IP00				Convertidor en armario IP21 e IP54			
	al. × an. × pr.		Peso		al. × an. × pr.		Peso		al. × an. × pr.		Peso	
	mm	pulgada	kg	lb	mm	pulgada	kg	lb	mm	pulgada	kg	lb
MR4	128 × 328 × 190	5 × 12,9 × 7,5	6	13,2								
MR5	144 × 419 × 214	5,7 × 16,5 × 8,4	10	22								
MR6	195 × 557 × 229	7,7 × 21,9 × 9	20	44,1								
MR7	237 × 660 × 259	9,3 × 26 × 10,2	37,5	82,7								
MR8	290 × 966 × 343	11,4 × 38 × 13,5	66	146	290 × 794 × 343	11,4 × 31,3 × 13,5	62	137	406 × 2100 × 600	16,0 × 82,7 × 23,6	200	440
MR9	480 × 1150 × 365	18,9 × 45,3 × 14,4	120	264	480 × 840 × 365	18,9 × 33,1 × 14,4	104	228	606 × 2100 × 600	23,9 × 82,7 × 23,6	270	595
MR10					508 × 980 × 525*	20,0 × 38,6 × 20,7*	205	452	606 × 2100 × 600	23,9 × 82,7 × 23,6	420	925
MR12					1016 × 980 × 525*	40,0 × 38,6 × 20,7*	410	905	1212 × 2100 × 600	47,7 × 82,7 × 23,6	850	1870

* sin módulo de opciones

Imagen 94. Características técnicas y dimensionales.

En cuanto a las características de los otros equipos necesarios para poder realizar el proyecto se encuentran en el apartado ‘Presupuesto’ del capítulo I, es allí donde se especifican las características necesarias para su compra acorde a las necesidades requeridas.

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

1.	DISPOSICIONES GENERALES	1
1.1.	Objeto del presente proyecto	1
2.	CONDICIONES GENERALES	1
2.1.	Condiciones legales de aplicación	1
2.2.	Condiciones facultativas	2
2.2.1.	Ingeniero técnico director de la obra	2
2.2.2.	Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución	3
2.2.3.	Contratistas y subcontratistas	3
2.3.	Condiciones económicas.....	4
2.3.1.	Principio general.....	4
2.3.2.	Fianza	4
2.3.3.	Precios.....	5
2.3.3.1.	Composición de precios unitarios	5
3.1.	Condiciones de los materiales.....	8
3.2.	Condiciones de ejecución y montaje	9
3.2.1.	Montaje.....	9
3.3.	Normas de seguridad en planta.....	9
3.3.1.	Entrada de personal en planta para realizar un trabajo	9
3.3.2.	Entrada de vehículos.....	9
3.3.3.	Peatones	10
3.3.4.	Objetos no permitidos en planta	10
3.3.5.	Fumar.....	10
3.3.6.	Prohibición de filmar y fotografiar	10
3.3.7.	Equipos y herramientas en planta.....	10
3.3.8.	Accidentes e incidentes	11
3.3.9.	Permisos de trabajo.....	11
3.3.10.	Penalizaciones	11

1. DISPOSICIONES GENERALES

1.1.Objeto del presente proyecto

El objeto del siguiente pliego de condiciones técnicas para el presente proyecto constituye el conjunto de instrucciones, normas, especificaciones y seguridad e higiene en el trabajo, que se deben respetar en la ejecución de la instalación tanto por la empresa en la que se realiza el proyecto como en la empresa ejecutora del proyecto.

2. CONDICIONES GENERALES

2.1.Condiciones legales de aplicación

Son de obligado cumplimiento las leyes y normas mostradas a continuación:

- REAL DECRETO 39/1997, de 17 de enero para la prevención de riesgos laborales.
- REAL DECRETO 614/2001, de 8 de junio para la protección de riesgos eléctricos.
- REAL DECRETO 486/1997, de 14 de Abril de Seguridad en el Lugar de Trabajo.
- REAL DECRETO 2001/1983, de 28 de julio, sobre regulación de la jornada de trabajo, jornadas especiales y descansos.
- REAL DECRETO 485/1997, 14 de abril para la utilización de señalizaciones.
- REAL DECRETO 773/1997, 30 de mayo para la utilización de equipos de protección individual.
- REAL DECRETO 1644/2008, de 10 de octubre para la comercialización y la puesta en servicio de máquinas.
- UNE-EN ISO 544:2004 de Consumibles para soldeo. Condiciones técnicas de suministro para materiales de aportación para soldeo. Tipos de producto, medidas, tolerancias y marcado.
- REAL DECRETO 1435/1992, de 27 de noviembre de la Seguridad de Máquinas.
- REAL DECRETO 2060/2008 en el cual se establecen los requisitos para las inspecciones periódicas de los equipos a presión, con presión máxima admisible superior a 0,5 bares, entendiéndose como tales los aparatos, equipos a presión, conjuntos, tuberías, recipientes a presión simple o transportables.
- Instrucción Técnica Complementaria (ITC) EP-3 donde se aplica a la instalación, inspecciones periódicas y reparaciones de todos los equipos a presión incluidos en el Reglamento de equipos a presión instalados en refinerías de petróleo y plantas petroquímicas.
- Norma API 571 en la cual se especifican los mecanismos de daño que afectan a equipos estáticos en la industria.
- El contratista queda obligado a cumplir todo lo estipulado en todas las leyes de reglamento de carácter oficial, así como a las demás leyes y disposiciones vigentes que sean de aplicación durante los trabajos.
- En caso de coincidir alguna de las normas en algún ámbito se aplicará la que sea más restrictiva.
- Normativa interna de la empresa.

2.2.Condiciones facultativas

En este apartado se describen y regulan las relaciones en la contrata y la dirección facultativa para la instalación de los elementos y la adecuación de las distintas instalaciones.

2.2.1. Ingeniero técnico director de la obra

La función del ingeniero técnico director de la obra es la de interpretar y hacer ejecutar correctamente el contenido del proyecto. Será el máximo responsable de la ejecución del proyecto y resolverá cualquier cuestión que surja referente a la calidad de los materiales empleados, interpretación de planos, especificaciones, y en general, todos los problemas que se planteen durante la ejecución de los trabajos referentes al presente proyecto. Las funciones del director de la obra son:

- Planificar, a la vista del proyecto, del contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico de las obras.
- Redactar, cuando se requiera expresamente por el constructor, el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Plan de Seguridad, Salud e higiene, antes del comienzo de la obra, para la aplicación del mismo.
- Adoptar las medidas necesarias para que solo las personas autorizadas accedan a la instalación.
- Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente suscribiéndola en unión del Constructor.
- Ordenar, dirigir y vigilar la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de buena construcción.
- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las instrucciones complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución.
- Coordinar la intervención en obra de otros técnicos, que en su caso, concurran a la dirección con función propia, en aspectos parciales de su especialidad.
- Realizar o disponer las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra, según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva, de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados, informara puntualmente al constructor, impartándole, en su caso, las órdenes oportunas.

- Realizar las mediciones de obra ejecutada, realizar y aprobar las certificaciones parciales, realizar y aprobar la certificación final de obra, y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- Facilitar el Libro de incidencias, tenerlo en su poder y en caso de anotación, estará obligado a remitir, en el plazo de 24 horas, una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en la que se realiza la obra.
- Preparar la documentación final de proyecto y suscribir el certificado final de obra.

2.2.2. Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

2.2.3. Contratistas y subcontratistas

El contratista es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el Promotor, con medios humanos y materiales propios y ajenos, el compromiso de actuar la totalidad o parte de las obras con sujeción al proyecto y al contrato.

Los Contratistas y Subcontratistas estarán obligados a:

- Observar la normativa vigente en cuanto a seguridad e higiene en el trabajo y velar por su cumplimiento.

- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los elementos componentes del proyecto rechazando aquellos que no cuenten con las garantías exigidas.
- Suscribir con el promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Conocer las leyes y verificar los documentos del proyecto.
- El contratista recibirá solución a los problemas técnicos no previstos en el proyecto que se presenten en su ejecución.

Los Contratistas y los Subcontratistas serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el Plan de Seguridad y Salud en lo relativo a las obligaciones que les correspondan a ellos directamente o, en su caso, a los Trabajadores Autónomos por ellos contratados.

2.3.Condiciones económicas

2.3.1. Principio general

Todos los que intervienen el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

La propiedad, el contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

2.3.2. Fianza

El Contratista prestará fianza con arreglo a alguno de los siguientes procedimientos, según se estipule:

- Depósito previo, en metálico o valores, o aval bancario, por importe entre el 3 % y 10 % del precio total de la contrata.
- Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción.

2.3.3. Precios

2.3.3.1. Composición de precios unitarios

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

- Costes directos

Se considerarán costes directos:

- a) La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- b) Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- c) Los equipos y sistemas técnicos de seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- d) Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- e) Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

- Costes indirectos

Se consideran costes indirectos:

- a) Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc.,
- b) Los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos.

Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

- Gastos generales

Se considerarán gastos generales:

1. Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la Administración, legalmente establecidos. Se cifrarán como un porcentaje de la

suma de los costes directos e indirectos (en los contratos de obras de la Administración pública este porcentaje se establece entre un 13 y un 17 %).

- Beneficio industrial

El beneficio industrial del Contratista se establece en el 6 % sobre la suma de las anteriores partidas.

- Precio de Ejecución material

Se denomina Precio de Ejecución material el resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del Beneficio Industrial.

- Precio de Contrata

El precio de Contrata es la suma de los costes directos, indirectos, los Gastos Generales y el Beneficio Industrial.

El IVA gira sobre esta suma pero no integra el precio.

- Precio de contrata. Importe de contrata

Se entiende por Precio de contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de Ejecución material, más el tanto por ciento sobre este último precio en concepto de Beneficio Industrial del Contratista. El beneficio se estima normalmente, en 6 %, salvo que en las condiciones particulares se establezca otro distinto.

- Precios contradictorios

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Director de obra decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Director de obra y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que se determine en el Pliego de Condiciones particulares, siempre teniendo en cuenta la descomposición de precios del cuadro correspondiente. Si subsiste la diferencia se acudirá, en primer lugar al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

- Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras (con referencia a Facultativas).

- Formas tradicionales de medir o de aplicar precios

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas, se estará a lo previsto en primer lugar, al Pliego General de Condiciones Particulares.

- Revisión de los precios contratados

Contratándose las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance, en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el Calendario, un montante superior al 3% del importe del presupuesto de Contrato.

En caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el Pliego de Condiciones Particulares, percibiendo el Contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 3 %.

No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el Calendario de la oferta.

2.3.4 Pagos

Los pagos se efectuarán por la empresa en los plazos previamente establecidos en el contrato y su importe dependerá de que el director técnico del proyecto certifique que se ha realizado el proyecto según lo establecido.

2.3.5 Adjudicación y cláusulas del contrato

Los contratos se adjudicarán en general en forma privada. El cuerpo de estos documentos contará con una cláusula en la que se exprese terminantemente que el contratista está conforme con el pliego de condiciones particulares que ha de regir su trabajo.

2.3.6 Rescisión del contrato

Se considerará causas suficientes de rescisión del contrato las que a continuación se señalan:

- La muerte o incapacidad del contratista
- La quiebra del mismo

Las alteraciones del contrato por las siguientes causas:

- La modificación del proyecto en forma tal que presente alteraciones fundamentales del mismo, a juicio de la dirección técnica, y en cualquier caso siempre que la variación de presupuesto de ejecución como consecuencia de estas variaciones, represente más o menos el 25 % del importe total de aquel.
- El no dar comienzo la contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del presente proyecto.
- El abandono de la ejecución sin causa justificada a juicio de la dirección técnica.
- La mala fe en la ejecución de los trabajos a juicio de la dirección técnica.

2.3.7 Liquidación en caso de rescisión

En caso de querer rescindir el contrato por cualquiera de las dos partes, la empresa o la subcontrata, se abonará a la empresa el proyecto y el material adquirido para el desarrollo. Si se produce la rescisión del contrato, esto llevará implícito la retención de la fianza para los gastos de diseño y derivados del trabajo realizado hasta el momento.

3. CONDICIONES PARTICULARES

3.1. Condiciones de los materiales

- Todos los materiales a emplear en la presente obra serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.
- Todos los materiales utilizados en este proyecto podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado, y sea necesario emplear, deberá ser aprobado por la dirección de las obras, bien entendido que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la construcción.
- Los materiales y/o equipos defectuosos o que resulten averiados en el transcurso de la obra, serán sustituidos o reparados de forma satisfactoria para la dirección de la obra.
- La manipulación de las piezas se hará con el mayor cuidado posible, no desembalando hasta el instante de ser utilizadas, comprobando si han sufrido algún desperfecto, en cuyo caso la pieza será examinada por el ingeniero técnico director de la obra, que decidirá si es apta o no para su montaje.

3.2. Condiciones de ejecución y montaje

3.2.1. Montaje

Todas las instalaciones se realizarán con el material que se señala en el Presupuesto y en su defecto con el que a juicio de la Dirección Técnica reúna las debidas condiciones de calidad y garantía. Se obedecerá siempre en el material a las secciones y espesores que figuran en el correspondiente documento.

3.3. Normas de seguridad en planta

3.3.1. Entrada de personal en planta para realizar un trabajo

Los requisitos para trabajar en planta son:

- Justificación de haber recibido la inducción de seguridad sobre los riesgos específicos de la empresa y superado el correspondiente test de comprobación de entendimiento de dichos riesgos.
- Aptitud médica para el trabajo a realizar.
- Alta en la seguridad social o recibo de autónomos.

Las personas que vayan a realizar un trabajo por primera vez deberán ir acompañadas por el supervisor del trabajo o en caso de que no pueda personalmente les acompañará la persona en quien haya delegado. Esta persona será responsable de conseguirles los permisos de trabajo necesarios.

3.3.2. Entrada de vehículos

Para entrar con un vehículo a la planta es necesario un permiso que se obtendrá en la portería principal. Queda terminantemente prohibido introducirse con el vehículo dentro de la planta si haber obtenido previamente el permiso.

En cuanto a la entrada de vehículos en planta es necesario realizar las siguientes tareas:

- Llevarán en lugar visible la tarjeta de identificación
- Se seguirán las normas de circulación, incluyendo el uso del cinturón de seguridad y el respeto a las señales de tráfico. La velocidad máxima de circulación será de 30km/h.
- No se estacionarán los vehículos delante de los equipos de lucha contra incendios.
- Todas las calles y avenidas deben quedar abiertas en todo momento.
- No se permite el paso de motos a la planta.
- Los conductores de vehículos especiales deberán estar permanentemente localizables, en caso de que se alejen de dicho vehículo.

- Los conductores de materias peligrosas no podrán abandonar dicho vehículo.
- Los vehículos estacionados en planta deberán permanecer abiertos y con las llaves puestas.

3.3.3. Peatones

Los peatones deben seguir las siguientes instrucciones en planta:

- No se reunirán en los centros de calles
- No se transitará por debajo de cargas suspendidas
- No se correrá sin motivo, por la alarma innecesaria que se crea.
- Cuando se utilicen escaleras, se subirá o bajará de cara a las mismas y con ambas manos libres para cogerse a los pasamanos.
- Queda terminantemente prohibido dormir en la planta.

3.3.4. Objetos no permitidos en planta

Queda prohibida la introducción en planta de cámaras fotográficas, teléfonos móviles, radios, emisoras y en general cualquier aparato electrónico, salvo que se autoricen por protección de planta.

3.3.5. Fumar

Queda prohibido fumar en planta, salvo hacerlo en lugares específicos donde esta permitido.

3.3.6. Prohibición de filmar y fotografiar

Por motivos de seguridad y para proteger el estatus de la empresa está prohibido filmar o fotografiar sin permiso de trabajo y autorización escrita de protección de planta.

3.3.7. Equipos y herramientas en planta

- Queda prohibido manipular componentes de las instalaciones, tales como: válvulas, motores, bombas centrifugas, quemadores etc...
- Si es necesario realizar alguna maniobra es necesario obtener un permiso de trabajo que lo acredite.
- Cuando se trabaje en altura, las herramientas deben ser atadas para evitar caídas y provocar posibles accidentes
- Ante cualquier anomalía o fallo en las instalaciones es obligatorio un aviso al jefe de zona.

3.3.8. Accidentes e incidentes

Se incluyen como accidentes de trabajo los producidos en el propio “puesto de trabajo” o bien en el trayecto de ida o vuelta del mismo, siempre que ocurra una hora antes del inicio de su jornada habitual o una hora después de finalizada la misma y en su recorrido habitual.

Es obligatorio informar inmediatamente ante cualquier accidente

3.3.9. Permisos de trabajo

Nunca se deberá comenzar un trabajo sin obtener previamente el permiso de trabajo para esa tarea.

3.3.10. Penalizaciones

El incumplimiento de las obligaciones en materia de prevención de riesgos laborales podrá dar lugar a responsabilidades administrativas, así como en su caso, a responsabilidades penales y a las civiles por los danos y perjuicios que puedan derivarse de dicho incumplimiento.

Se calificarán de penalizaciones como leves, graves y muy graves, en atención a la naturaleza del deber infringido y la entidad del derecho afectado.

- Leves:
 - La falta de limpieza del centro de trabajo de la que no se derive riesgo para la integridad física o salud de los trabajadores.
 - Mal uso de los materiales o herramientas proporcionadas por la empresa.
 - No informar de un incidente leve.
 - Al encubrimiento de faltas leves.
 - Cualquier acción obligatoria de carácter formal o documental exigida en la normativa de prevención de riesgos laborales.
- Graves:
 - La desobediencia a empleados de la empresa en temas de seguridad, salud o medio ambiente.
 - No informar u ocultar un incidente grave.
 - No respetar las señales de tráfico dentro de planta.
 - La reiteración de faltas leves.
 - Al encubrimiento de faltas graves.
- Muy graves:
 - Incumplimiento del deber de confidencialidad en el uso de los datos relativos a la vigilancia de la salud de los trabajadores, en los términos previstos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

- Las acciones u omisiones que impidan el ejercicio del derecho de los trabajadores a paralizar su actividad en los casos de riesgo grave e inminente.
- No adoptar cualesquiera otras medidas preventivas aplicables a las condiciones de trabajo en ejecución de la normativa sobre prevención de riesgos laborales de las que se derive un riesgo grave e inminente e para la seguridad y salud de los trabajadores.
- Una reiteración de faltas graves.
- Al encubrimiento de faltas muy graves.
- Cualquier delito contra la propiedad en las instalaciones de la empresa.
- No informar u ocultar un accidente laboral.

PRESUPUESTO

ÍNDICE

1. PRESUPUESTO DE LA PROPUESTA 3.....	1
1.1. Materiales.....	1
1.1.1. Nueva instalación de bombeo.....	1
1.1.2. Instalación para válvula limitadora de caudal	4
1.2. Consumibles.....	4
1.3. Mano de obra	5
1.4. Otros.....	6
1.5. Resumen del presupuesto de la propuesta 3	6
2. PRESUPUESTO DE LOS HONORARIOS DEL PROYECTISTA	7
2.1. Coste de la mano de obra.....	7
2.2. Coste de las amortizaciones	8
2.3. Gastos generales	8
2.4. Resumen de los honorarios del proyectista.....	9
3. PRESUPUESTO TOTAL	9

-

1. PRESUPUESTO DE LA PROPUESTA 3

En primer lugar, se va a detallar el presupuesto estructural. Este presupuesto, engloba, por una parte, los materiales necesarios para realizar la instalación paralela a la que hay actualmente, la instalación para colocar una válvula limitadora, los elementos consumibles y, por otra parte, la mano de obra de realizar esas instalaciones.

1.1.Materiales

A continuación, se van a detallar los costes de cada elemento de las nuevas instalaciones. Cabe destacar que los datos se han obtenido de varias empresas (Goulds Pumps, SAIDI, buhlmann).

1.1.1. Nueva instalación de bombeo

En la Tabla 84 se muestra el presupuesto de todos los elementos de la nueva instalación y la suma total.

Elemento	Resumen	Unidades	Cantidad	Precio Unitario	PRECIO TOTAL
Bomba	Bomba centrífuga modelo 3410 de Goulds Pumps y tamaño 10x12-17	Unidad	1	17.158,9	17.158,9
Motor	Marca AEG, Trifásico, Asíncrono de inducción de rotor de jaula de ardilla.	Unidad	1	9.532,05	9.532,05
Variador de frecuencia	VACON0100-3L-0385-5-FLOW+IP00+FL03+DLES 135X7633	Unidad	1	6.725,96	6.725,96
Válvula retención	VALVULA RETENCION CLAPETA WCB/F6 XU TRIM 8 150LBS RF 10” Cod. 010101310430080	Unidad	1	905,00	905,00
Válvulas de compuerta	VAL.COMP.WCB/F6 XU 150LBS RF 24” C/REDUC.CONICO Cod. 010101304270010	Unidad	2	6.225,00	12.450,00
Tuberías	Reducción de 24’’ a	Unidad	2	291,00	582,00

	16''				
	TUBO SIN SOLDADURA 10'' Sch 40 A106 Gr B	Metros lineales (ml)	1	65,79	65,79
	Reducción de 16'' a 10''	Unidad	1	129,00	129,00
	Reducción de 16'' a 12''	Unidad	1	140,00	140,00
	TUBO SIN SOLDADURA 24'' Sch 40 (17.48 mm) A106 Gr B	Metros lineales (ml)	11	468,00	5.148,00
	TUBO SIN SOLDADURA 12'' Sch 40 (10.31 mm) A106 Gr B	Metros lineales (ml)	1	95,69	95,69
	CODO 90° RL 24'' Sch 40 (17.48 mm) A234 WPB	Unidad	2	1.385,40	2.770,80
Junta de compensación	Compensador de dilatación de goma DN-300 Tipo banda roja con cuerpo en EPDM y refuerzo de nylon; con bridas giratorias zincadas en acero carbono taladradas según ASA 150 lbs. L= 130 mm.	Unidad	1	830,00	830,00
Juntas	JUNTAS ESPIROMETÁLICA S KLINGER® MAXIFLEX ASME B16.20 SPIRO.316L-316L/GRAF-316L 4,5 24'' 150LBS CRIR B16.20 DN-24'' CODIGO: 030511302620260	Unidad	5	32,00	160,00
	JUNTAS ESPIROMETÁLICA	Unidad	2	15,00	30,00

	S KLINGER® MAXIFLEX ASME B16.20 SPIRO.316L- 316L/GRAF-316L 4,5 12" 150LBS CRIR B16.20 DN-12" CODIGO: 030511302620066				
	JUNTAS ESPIROMETÁLICA S KLINGER® MAXIFLEX ASME B16.20 ACERO CARBONO/INOX 316L- GRAFITO/INOX 316L 150LBS 4,5 mm espesor CRIR (aro int. Y ext.) SPIRO.316L- 316L/GRAF-316L 4,5 10" 150LBS CRIR B16.20 DN-10" CODIGO: 030511302620063	Unidad	2	11,00	22,00
Bridas	Brida Slip On 24" 150LBS de Acero al Carbono ASTM 105	Unidad	4	475	1.900,00
	Brida Slip On 12" 150LBS de Acero al Carbono ASTM 105	Unidad	1	140,28	140,28
	Brida Slip On 10" 150LBS de Acero al Carbono ASTM 105	Unidad	3	87,50	262,5
Soportes	Soporte 1	Unidad	2	20,00	40,00
	Soporte 2	Unidad	1	30,00	30,00
Tornillos	Espárragos 20" ASTM A193 B7 C/2 Tuercas ASTM A194 2H	Unidad	20x 5	7,86	786,00

	Espárragos 14’’ ASTM A193 B7 C/2 Tuercas ASTM A194 2H	Unidad	12x 2	5,97	143,28
	Espárragos 12’’ ASTM A193 B7 C/2 Tuercas ASTM A194 2H	Unidad	12 x 3	3,97	142,92
TOTAL					60.190,17 €

Tabla 84. Presupuesto nueva instalación.

Los materiales para la instalación de bombeo cuestan en conjunto 60.190,17 €.

1.1.2. Instalación para válvula limitadora de caudal

En la Tabla 85 se muestra el presupuesto de válvula limitadora y la suma total.

Elemento	Resumen	Unidades	Cantidad	Precio Unitario	PRECIO TOTAL
Válvula limitadora de caudal	Válvula FLUCON 200 tipo globo DN400 PN16	Unidad	1	14.750,00	14.750,00
TOTAL					14.750,00

Tabla 85. Presupuesto de la válvula limitadora.

Los materiales para la instalación de la válvula limitadora de caudal cuestan en conjunto 14.750,00 €.

1.2.Consumibles

A continuación, en la Tabla 86 se van a detallar los costes de cada elemento que se consumen al realizarse las instalaciones. Cabe destacar que serán utillajes y materiales utilizados por el personal que realizará el proyecto.

Elemento	Resumen	Unidades	Cantidad	Precio Unitario	PRECIO TOTAL
Electrodos	Electrodos OK 48.00 Ø 3,25 MM	Unidad	6 cajas	20	120
Discos	Disco de corte PFERD-HORSE 80EH 178-2 A24	Unidad	3 cajas (25 discos en cada caja)	70	210
Brocas	Estimación	Unidad	1	20,00	20,00

	de desgaste de brocas para el taladrado de placas de los soportes				
TOTAL					350,00 €

Tabla 86. Presupuesto elementos consumibles.

Todos estos materiales cuestan en conjunto 350,00 €.

1.3.Mano de obra

A continuación, en la Tabla 87 se van a detallar los costes de la mano de obra, es decir el coste de las horas de trabajo del personal encargado de realizar las nuevas instalaciones. Cabe destacar que en la empresa Ube hay tres talleres: taller estático, taller rotativo y taller eléctrico por lo que muchas tareas se realizarán en esos talleres por el personal de dichos talleres.

Elemento	Resumen	Unidades	Cantidad	Precio Unitario	PRECIO TOTAL
Taller estático	Realización de corte de tuberías	Horas	70	22,00	1.540,00
	Realización soldaduras de las bridas con las tuberías				
	Movimiento de tuberías				
	Transporte de maquinaria y herramientas necesarias				
	Realización soportes				
	Pintado tuberías				
	Montaje instalación de bombeo	Horas	50	22,00	1.100,00
Taller eléctrico	Montaje instalación de la válvula	Horas	4	22,00	88,00
	Montaje variador en la instalación de bombeo	Horas	2	40,00	80,00
TOTAL					2.808,00 €

Tabla 87. Presupuesto de la mano de obra.

La mano de obra de la realización de las instalaciones asciende a 2.808,00 €.

1.4.Otros

En la siguiente Tabla 88 irán los costes referidos al transporte de material a la zona, alquileres de elementos necesarios etc...

Elemento	Resumen	Unidades	Cantidad	Precio Unitario	PRECIO TOTAL
Transporte elementos	Envío de elementos pedidos a los proveedores. Bomba, tuberías, bridas, reducciones, juntas, tornillería, válvulas.	Unidad	1	-	800,00
Camión pluma	Uso del camión pluma para facilitar montaje de las instalaciones.	Horas	8	50,00	400,00
Alquiler plataforma elevadora		Días	1	80,00	80,00
Alquiler andamios	Uso de andamios para facilitar el montaje de las instalaciones y el acceso al personal	Días	5	30,00	150,00
TOTAL					1.430,00 €

Tabla 88. Presupuesto de otros elementos necesarios para la realización del proyecto.

Los costes referidos a transporte y alquiler de elementos ascienden a 1.430,00 €.

1.5.Resumen del presupuesto de la propuesta 3

En la tabla 89 se puede observar un resumen de los costes de realizar las instalaciones de la propuesta 3.

PROPUESTA	PRECIO
Nueva instalación de bombeo	60.190,17
Nueva instalación de la válvula limitadora	14.750,00
Consumibles	350,00
Mano de obra	2.808,00
Otros	1.430,00
TOTAL	79.528,17 €

Tabla 89. Resumen de los costes de la realización de las instalaciones.

La suma de las instalaciones efectuadas y de sus correspondientes trabajos y materiales asciende al valor de: setenta y nueve mil quinientos veinte ocho y diecisiete céntimos.

2. PRESUPUESTO DE LOS HONORARIOS DEL PROYECTISTA

En segundo lugar, se va a detallar el presupuesto de los honorarios del proyectista. Este presupuesto engloba el coste de realización del presente proyecto por parte del alumno.

Para ello se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- El coste de la mano de obra
- El coste de las amortizaciones
- Otros gastos generales

2.1.Coste de la mano de obra

El coste de la mano de obra se ha dividido entre los diferentes bloques en los que se divide el proyecto. Veamos las horas invertidas en cada una de las partes:

- Recopilación de información..... 150 horas
- Consulta a expertos..... 50 horas
- Realización proyecto..... 160 horas
- Realización del manual de mantenimiento y inspección... 20 horas

Los precios unitarios de las horas se consideran a:

- Mano de obra..... 25 €/hora
- Consulta a expertos..... 25 €/hora

El coste de la mano de obra queda, por tanto, de la siguiente forma:

- Recopilación de información..... 3.750 €
- Consulta a expertos..... 1.250 €
- Realización proyecto..... 4.000 €
- Realización del manual de mantenimiento y inspección... 500 €

El coste final de la mano de obra de 9.500,00 €.

2.2.Coste de las amortizaciones

Se considera aquí la amortización por el uso de los productos informáticos empleados para la realización del proyecto, tanto hardware como software (Windows 8, Microsoft Office 2010). Se considera que el periodo de vida de estos productos es igual a 5 años, momento en el que quedan desfasados frente a nuevas versiones. El hardware seguirá siendo utilizable, pero el software habrá quedado completamente obsoleto.

En la tabla 90 pueden apreciarse las amortizaciones correspondientes, todas por el método lineal.

Concepto	Coste (€)	Amortización anual (€)	Periodo de uso	Amortización (€)
PC Acer _____	1.150	230	8 meses	153,33
Impresora HP Photosmart 5524	400	80	8 meses	53,33
TOTAL				206,66

Tabla 90. Amortizaciones por el uso de productos informáticos.

El coste de las amortizaciones durante el periodo de uso asciende a 206,66 €.

2.3.Gastos generales

En este apartado se consideran los costes de carácter general que han sido ocasionados por el desarrollo del proyecto. Estos son los siguientes:

- Material de oficina: folios, libreta, bolígrafos etc...
- Consumibles: Memoria USB, cartuchos de tinta para la impresora.

En la tabla 91 pueden apreciarse los gastos generales.

Concepto	Coste (€)
Material de oficina	30
Consumibles	100
TOTAL	130

Tabla 91. Gastos generales

2.4. Resumen de los honorarios del proyectista

Para obtener el coste total de los honorarios del proyectista se suman los distintos conceptos calculados anteriormente.

En la tabla 92 puede apreciarse un resumen de los distintos conceptos.

Concepto	Coste (€)
Mano de obra	9.500
Amortizaciones	206,66
Gastos generales	130
TOTAL	9.836,66

Tabla 92. Resumen de los honorarios del proyectista

La suma de todos los honorarios del proyectista asciende al valor de: **Nueve mil ochocientos treinta y seis con sesenta y seis céntimos.**

3. PRESUPUESTO TOTAL

Para obtener el coste total de la realización del proyecto se sumarán el coste del presupuesto de la propuesta y el coste de los honorarios del proyectista.

En la tabla 93 pueden apreciarse los aspectos citados.

Concepto	Coste (€)
Presupuesto de la propuesta	79.528,17
Presupuesto de los honorarios del proyectista	9.836,66
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN	89.364,83

Tabla 93. Resumen de presupuestos.

Para saber el presupuesto total habría que sumarle al presupuesto de ejecución los impuestos, que se corresponde con un 21% de su valor:

$$\begin{aligned}\text{Presupuesto total} &= \text{Presupuesto de ejecución} + \text{impuestos} = 89.364,83 + (0,21 * 89.364,83) \\ &= 89.364,83 + 18.766,143 = 108.131,44 \text{ €}\end{aligned}$$

El presente presupuesto asciende a la cantidad de:

Ciento ocho mil cientos treinta y uno con cuarenta y cuatro céntimos
#108.131,44#

PLANOS

INDICE

PLANO 1: EMPLAZAMIENTO UBE

PLANO 2: EMPLAZAMIENTO PARCELA UBE

PLANO 3: EMPLAZAMIENTO RED 1112

PLANO 4: ESQUEMA CIRCUITO

PLANO 5: INSTALACIÓN

PLANO 6: COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN



UNIVERSITAT
JAUME I

Título: Emplazamiento

Plano nº: 1

Fecha: 15/08/18

Autor: Alexis Fabregat Porcar

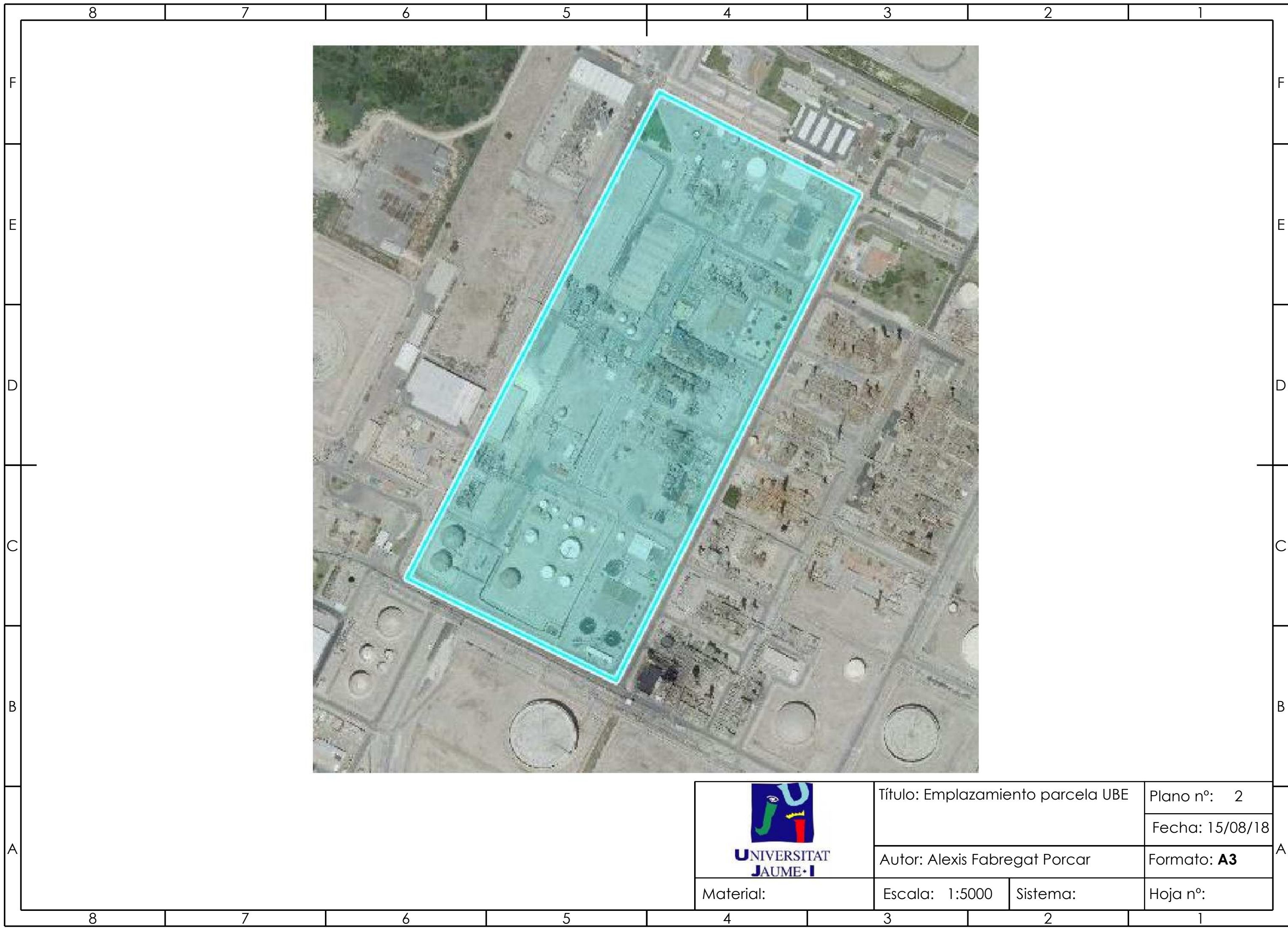
Formato: **A3**


Material:

Escala: 1:100.000

Sistema:

Hoja nº:



 UNIVERSITAT JAUME·I	Título: Emplazamiento parcela UBE		Plano nº: 2
			Fecha: 15/08/18
	Autor: Alexis Fabregat Porcar		Formato: A3
Material:	Escala: 1:5000	Sistema:	Hoja nº:



UNIVERSITAT
JAUME I

Título: Emplazamiento red 1112

Plano nº: 3

Fecha: 14/08/18

Autor: Alexis Fabregat Porcar

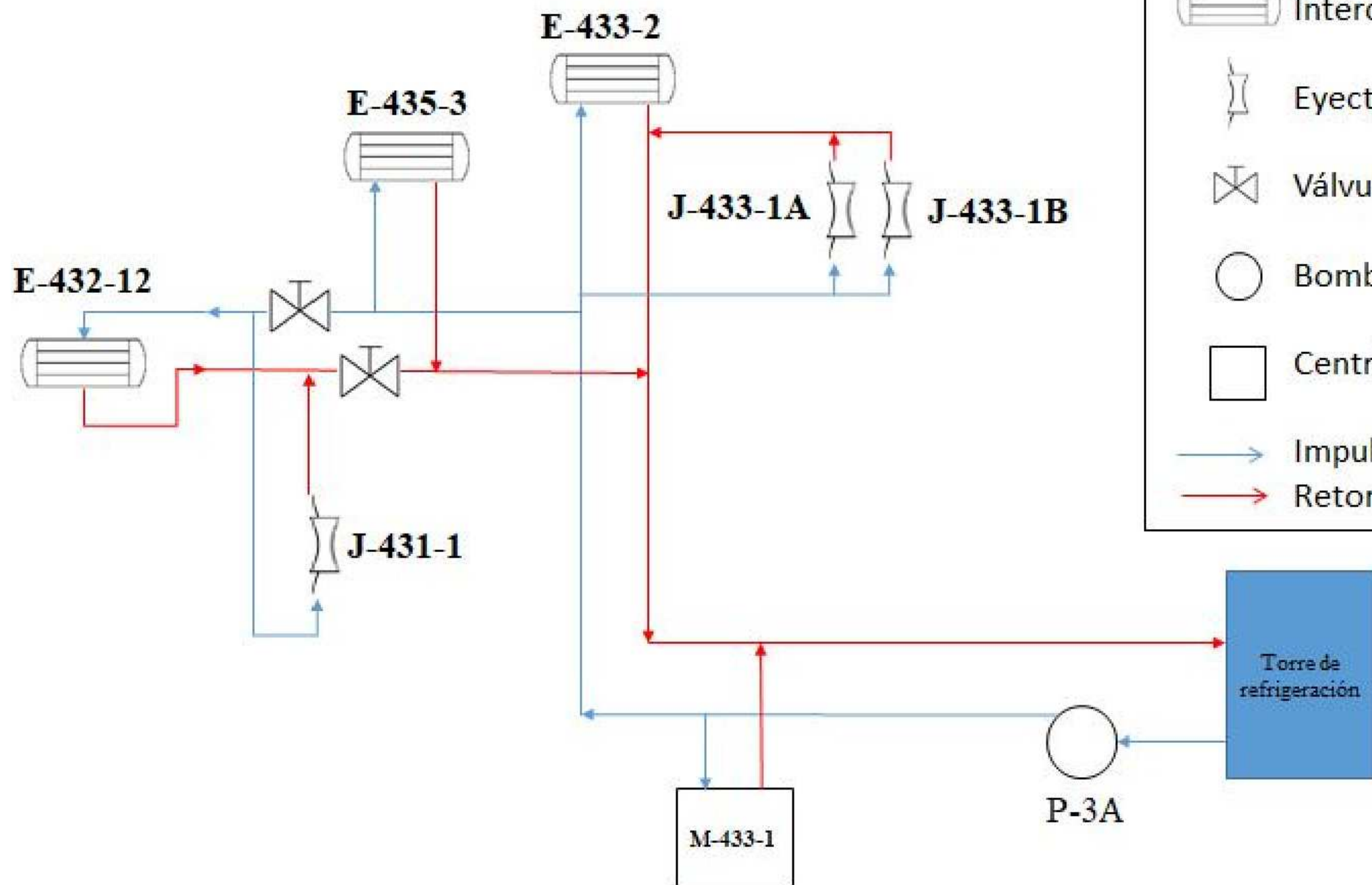
Formato: **A4**

Material:


Escala: 1:1000


Sistema:


Hoja nº:





LEYENDA


 Intercambiador


 Eyector


 Válvula

 Bomba centrífuga

 Centrífuga

 Impulsión

 Retorno

 <div> <div>UNIVERSITAT</div> <div>JAUME•I</div> </div>	Título: Esquema circuito		Plano nº: 4
			Fecha: 16/08/18
	Autor: Alexis Fabregat Porcar		Formato: A3
Material:	Escala:	Sistema:	Hoja nº:

